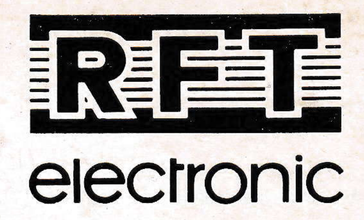
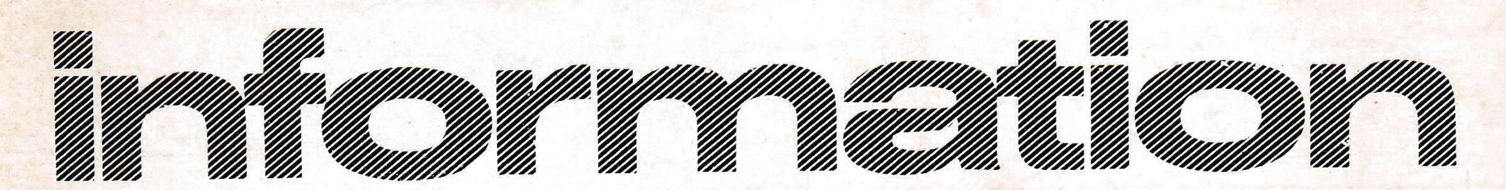




Sonderausgabe 3/1968

VVB RFT Bauelemente und Vakuumtechnik
DDR 1017 Berlin, Ehrenbergstraße 11–14

Hinweise zur Anwendung von Anzeigeröhren

Nachdruck aus »radio und fernsehen«

Die Schaltungsangaben erfolgen ohne Berücksichtigung der Schutzrechtslage der angegebenen Schaltungen und sind unverbindliche und keine schaltungsbegründende Empfehlungen.

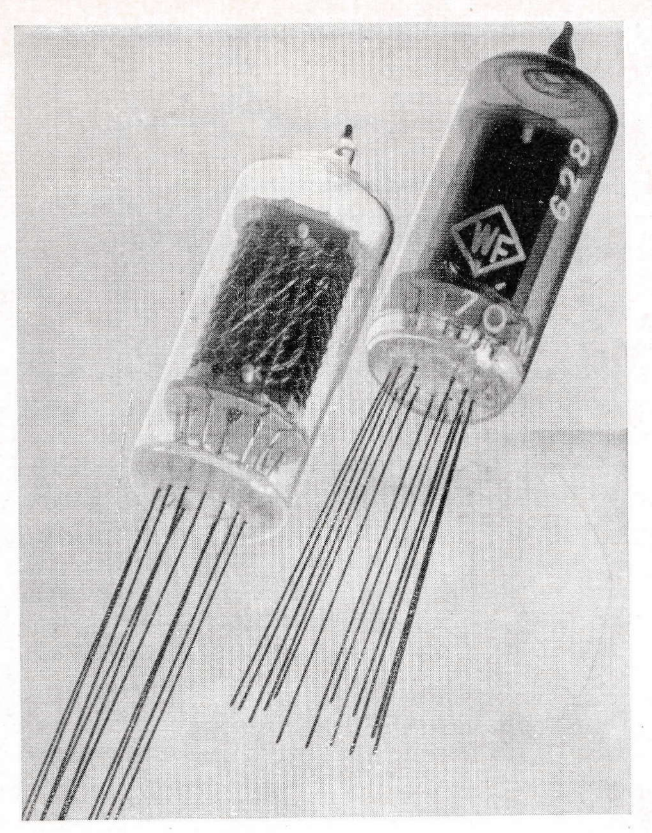


Bild 1: Ziffernanzeigeröhren Z 570 M

DIE ZIFFERNANZEIGERÖHRE Z 570 M

E. Häußler

Mitteilung aus dem Entwicklungsbereich des VEB Werk für Fernsehelektronik, Berlin

In vielen Fällen der elektronischen Übermittlung von Zahlenwerten wird eine unmittelbare Anzeige der Ziffern gefordert. Besonders bei vielstelligen Zahlen muß zur Vermeidung von Irrtümern eine mühelose Ablesung angestrebt werden, die schnell und ohne Umdenkprozeß möglich ist.

Das menschliche Auge kann im allgemeinen noch Bildwechsel von etwa 10 Hz folgen. Dabei spielen die Stellenzahl, die Reaktionszeit bis zur gedanklichen Erfassung und natürlich auch Übung eine einflußreiche Rolle. Die Anzeige muß daher nicht nur ausreichend groß, lichtstark und deutlich auch bei heller Umgebung sein, sondern darüber hinaus eine so schnelle Änderung des anzuzeigenden Wertes ermöglichen, daß keine Pausen die Wirtschaftlichkeit der Anlage beeinträchtigen.

Die steuernden Schaltungen arbeiten überwiegend wesentlich schneller und erwarten von der Anzeige eine nahezu trägheitslose Funktion. Darüber hinaus soll deren Leistungsbedarf und, in Hinsicht auf Schaltungen mit Halbleiterbauelementen, die auftretende Wärmeentwicklung gering sein.

Konstruktiv darf die Anzeige den Forderungen der Miniaturisierung nicht entgegenstehen, und außerdem muß sie leicht sein. Diese Ansprüche lassen sich von Fall zu Fall noch beliebig vermehren.

Ziffernanzeigeröhren mit kalten Katoden erfüllen diese Forderungen weitgehend. Sie machen sich eine Tatsache zunutze, die schon seit etwa einem Jahrhundert bekannt ist. Erzeugt man an einem unter niedrigem Druck stehenden Gas eine elektrische Gleichstromentladung, so tritt eine Glimmerscheinung auf. Unter definitiven Verhältnissen zeigt diese Glimmentladung eine charakteristische Schichtung, die in ihrer Stellung den beiden Elektroden eindeutig zugeordnet werden kann.

Eine solche Entladung hat die Eigentümlichkeit, unter bestimmten Bedingungen auf einige Teile dieser Schichtung verzichten zu können, auf andere wiederum nicht. Steht bei einer bestimmten Gasart und einem ebenso bestimmten Fülldruck die Anode der Katode nahe genug gegenüber, so tritt das von den Reklameröhren her bekannte diffuse Leuchten nicht auf, und als einzig sichtbar leuchtender Entladungsteil verbleibt ein Glimmsaum in unmittelbarer Umgebung der Katode. Dieser Glimmsaum hat die bemerkenswerte Eigenschaft, sich den Konturen der Katode eng anzuschmiegen.

In einer Anzeigeröhre sind elektrisch getrennte Katodenbleche gemeinsam in einem engen, als Anode fungierenden Käfig untergebracht. Die Katodenbleche haben die zur Anzeige gewünschte Form. Im Betrieb überzieht sich die zur Anzeige gewählte Katode mit dem beschriebenen Glimmsaum. Dieser hat klar umrissene Kanten und vergrößert die Katode um scheinbar das Zweifache. Dadurch wird zugleich erreicht, daß eine leuchtende Katode nur sehr wenig von den vor ihr liegenden, nicht brennenden Katoden maskiert wird. Die Helligkeit des Glimmsaumes

ist so groß, daß eine Ablesung auch noch bei auffallendem Sonnenlicht möglich ist.

Anzeigeröhren dieser Art, wie z. B. die Z 560 M, sind aus mehreren früheren Veröffentlichungen (1) (2) (3) (5) bekannt. Die äußeren Abmessungen der dekadischen Ziffernanzeigeröhre Z 560 M stellen dem allgemeinen Trend einer immer weitergehenden Miniaturisierung der Geräte eine Grenze. Besonders bei vielstelligen Anzeigetableaus stört der Kolbendurchmesser dieser Röhre, der den Abstand nebeneinander angeordneter Ziffern auf minimal etwa 31 mm beschränkt. Auch die Einbautiefe der frontablesbaren Z 560 M mit etwa 40 mm, einschließlich der 13poligen Fassung, ermöglicht nicht in jedem Fall konstruktiv günstige Lösungen. Schließlich fordert auch die Aufteilung der Geräte in leicht auswechselbare Baugruppen in gedruckter Schaltungstechnik eine direkt in die Schaltung einlötbare Ausführungsform. Die Ziffernanzeigeröhre Z 570 M (Bild 1) ist dekadisch aufgebaut und entspricht damit der Schaltung der Z 560 M (Bild 2). Die zehn zu arabischen Ziffern geformten, kalten Reinmetallkatoden sind durch Ösen unter Zwischenlage kleiner keramischer Isolierringe auf zwei Keramikstreben hintereinander aufgereiht. Die Reihenfolge ist nach der minimalen Maskierung der Ziffern im Betrieb durch die in Sichtrichtung vorher liegenden gewählt. Ein weiterer Grund ist ein für alle Katoden nahezu ausgeglichener Summenfehlstrom I_{kk} gegenüber der gerade in Betrieb befindlichen Katode, um den Streubereich von I_{kk} (Bild 6) nicht zu groß werden zu lassen. Diese Anordnung ist in einem kleinen, in Sichtrichtung wabenförmig durchbrochenen Anodengefäß untergebracht, das oben und unten durch Glimmerscheiben verschlossen ist. Der gedrängte Aufbau findet in einem Miniaturröhrenkolben der Nenngröße 38 mit max. 19 mm Kolbendurchmesser Platz (Bild 3). Die 13 mm hohen, seitlich durch den Kolben ablesbaren Ziffernkatoden lassen sich daher gegenüber mehrstelligen Anzeigen mit der Z 560 M um mehr als ein Drittel enger packen, d. h., die Gerätebreite verringern. Die Einbautiefe hat sich ebenfalls auf die 19 mm des Kolbendurchmessers verkleinert. Die Katoden sind über Anschlußfähnchen, durch die drei unteren Glimmerscheiben geführt, an die zugehörigen Stromzuführungen im 13poligen Spezialpreßteller angeschlossen. Die 38 mm langen, einlötbaren Anschlußdrähte der Röhre bieten genügend Spielraum für die Aufteilung der steuernden gedruckten Leiterplatte. Bezogen auf die leserichtige Stellung der Ziffern, liegt Anschlußdraht sieben vorn. Wie bei den früher beschriebenen Anzeigeröhren ist zur Erhöhung der Lebensdauer der Edelgasfüllung Quecksilber zugesetzt. Die hierdurch hervorgerufene blau-graue Hintergrundaufhellung der in Betrieb befindlichen Ziffer wird durch einen roten Lackfarbfilterüberzug der Z 570 M beseitigt, der auch Lichtspiegelungen, wie sie auf glatten Glaskolben leicht auftreten, verringert. Geräte mit mehreren Anzeigeröhren benutzen für das gemeinsame Bildfenster eine Abdeckscheibe, die zur Herstellung des Ziffernkontrastes aus einer Rotorange-Filterscheibe aus Glas oder eingefärbtem Polystyrol (VEB Stickstoffwerk Piesteritz, Bestell-Nr. 601 hellrot) sein kann. Für diese Fälle wird die gleiche Anzeigeröhre unter der Typenbezeichnung Z 5700 M ohne Lackfarbfilterüberzug geliefert.

Die Inbetriebsetzung der Anzeigeröhre Z 570 M muß innerhalb der in den technischen Daten festgelegten Grenzwerte erfolgen. Für einfache, z. B. elektromechanische Schaltungen kann der Anschluß der Röhre nach Bild 2 erfolgen.

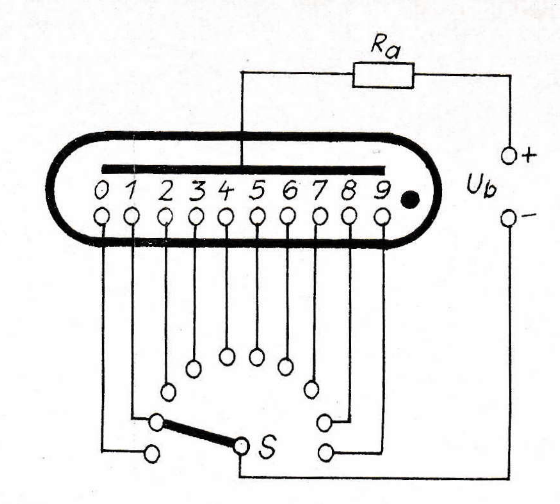


Bild 2

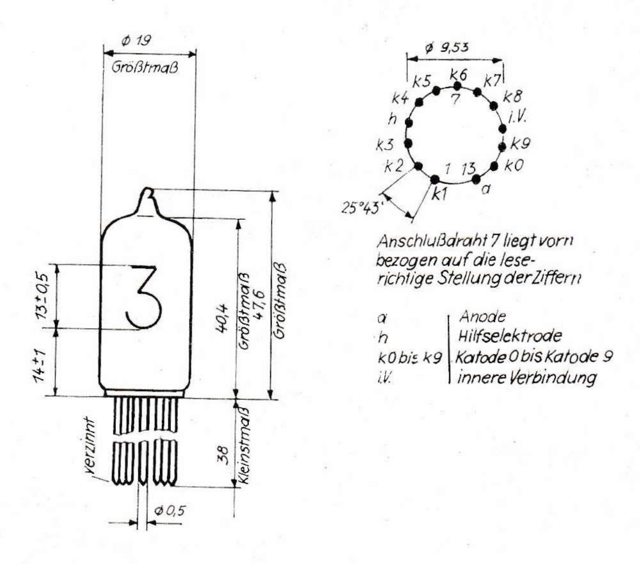


Bild 3

Im allgemeinen wird die Steuerung aber mit Schalttransistoren (z. B. GC 123 oder SS 200 ... 202 des VEB Halbleiterwerk Frankfurt ⟨Oder⟩) vorgenommen. Dafür gilt allgemein das Prinzipschaldbild (Bild 4), d. h., sämtliche Katoden sind ständig über Widerstände von z. B. 100 kΩ mit einer durch die Transistorschaltung bedingten positiven Vorspannung U_{kk} verbunden. Bei Ansteuerung eines Schalttransistors sinkt dann lediglich das Potential der zugehörigen Katode auf einen Wert um Null, abhängig vom Arbeitspunkt des Transistors und dessen übrigen Eigenschaften. Diese Katode erreicht die zur Zündung der Entladung nötige Spannung und leuchtet auf. Die restlichen Kotoden bleiben weiterhin auf dem Potential der positiven Vorspannung. Durch die hohe Vorionisation aus der in unmittelbarer Nähe brennenden Entladung der eingeschalteten Katode wird die Zündspannung der benachbarten, nicht eingeschalteten Katoden jedoch so weit herabgesetzt, daß sie abhängig von der Höhe der positiven Vorspannung U_{kk} einen Fehlstrom I_{kk} führen. Wird die Vorspannung U_{kk} zu niedrig gewählt oder sinkt sie bei mangelhafter Schaltungsauslegung während der Steuervorgänge für einzelne nicht beabsichtigte Ziffernkatoden zu weit ab, so werden diese im allgemeinen in der Reihenfolge der Nachbarschaft spätestens bei ungefähr 40 V ebenfalls zünden und zusätzlich zur eingeschalteten Ziffer ein Mitglimmen zeigen. Dieses Mitglimmen verstärkt sich naturgemäß noch bei weiterem Absinken des Vorspannungspotentials bis bei Null alle Katoden voll mitleuchten. Aber schon ein leichtes Mitglimmen unbeabsichtigter Ziffern hellt den Hintergrund auf und verwischt die Ablesung der eingeschalteten Ziffer.

Dieses Verhalten der Röhre verdeutlicht ein Diagramm (Bild 5), in dem der Strom der eingeschalteten Ziffer I_k (s. a. Bild 4), der Summenfehlstrom der nicht eingeschalteten Ziffern I_{kk} und der Anodenstrom I_a in Abhängigkeit von der positiven Vorspannung der Katoden U_{kk} aufgetragen sind. Um die mögliche Streuung mitzuzeigen, wurde im gleichen Diagramm nicht nur das Verhalten bei einem mittleren Katodenstrom $I_k = 2$ mA, sondern außerdem zur besseren Übersicht das bei einem extrem niedrigen $I_k = 1$ mA und das bei einem **hohen** $I_k = 3$ mA, die beide schon außerhalb der zugelassenen Grenzwerte liegen, aufgenommen. Im mittleren Bereich zugeordneter Kurven läßt sich eine ungefähre Aufteilung des Anodenstromes I_a **in** I_k **und** I_{kk} erkennen, wobei I_k wesentlich größer als I_{kk} ist. Unterhalb einer Vorspannung von $U_{kk} = 60$ V werden stärkere Änderungen merklich, die nach Null hin zu einer angenäherten Umkehrung der Stromwerte führen. Natürlich verlischt die eingeschaltete Ziffernkatode nicht, sondern brennt mit allen anderen Katoden. Dies birgt eine weitere Gefahr in sich, wie am steilen Anstieg des Anodenstromes kurz vor Null abgelesen werden kann. Besonders bei niedriger Betriebsspannung und daher niedrigem Anodenvorwiderstand R_a kann die Stromverteilung in Verbindung mit den Widerständen in der

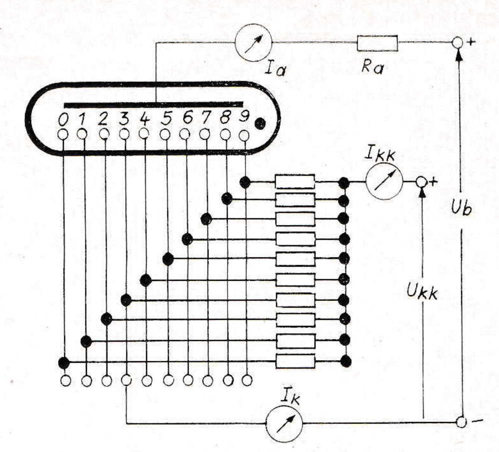


Bild 4

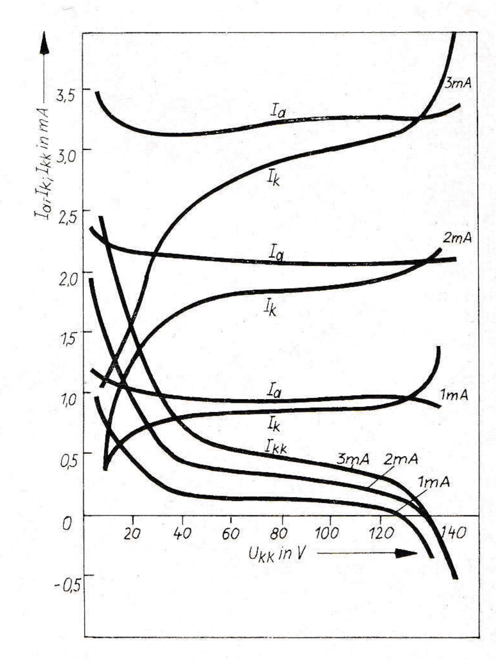


Bild 5

Katodenzuleitung so ungünstig werden, daß der zugelassene Betriebsstrom der Röhre, trotz richtiger Einstellung im mittleren Bereich, weit überschritten wird. Für den Betrieb der Röhre wird daher in den technischen Daten eine minimale Vorspannung U_{kk} von 60 V gefordert.

Nach hohen Werten von U_{kk} ist bei der Schaltungsauslegung zu beachten, daß in der Größenordnung der Brennspannung U_B der Röhre ebenfalls ein starker Anstieg, diesmal von I_k, eintritt. Erreichen die nicht eingeschalteten Katoden diesen Wert, so werden sie zu Anoden und nehmen Strom von der eingeschalteten, also allein auf Nullpotential liegenden, Katode auf, was an der Umkehr der Stromrichtung von I_{kk} zu sehen ist. Gleichzeitig fällt auch I_a ab; I_k steigt aber in einem ganz kurzen Intervall außerordentlich stark an, abhängig von der Summe der Widerstände in der Zuleitung von U_{kk}.

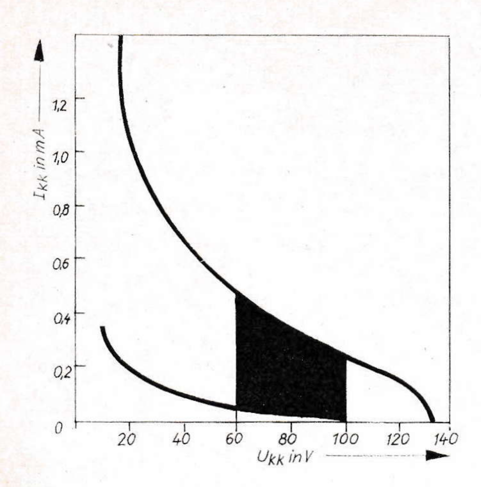


Bild 6

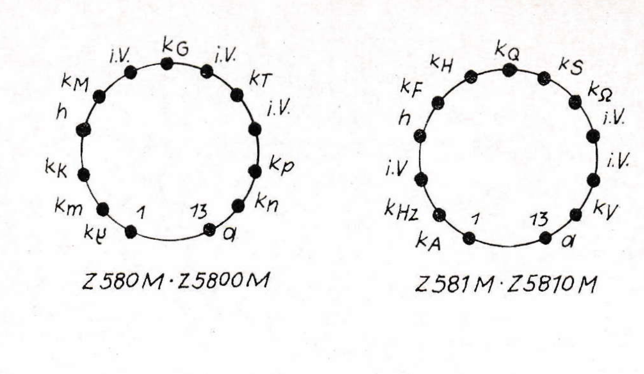


Bild 7

TECHNISCHE DATEN

KENNWERTE

Anodenzündspannung	U_z	150 V
Anodenbrennspannung	U_B	140 V
Anodenlöschspannung	U_L	120 V
Katodenstrom	I_k	2 mA

BETRIEBSWERTE

Bereitschaftsspannung	U_b	200	250	300	V ± 10 %
Anodenwiderstand	R_a	33	52	82	kΩ ± 5 %
Katodenvorspannung	U_{kk}	60	60	60	V

Grenzwerte

Bereitschaftsspannung	$U_{b\ min}$	170 V
Katodenstrom	$I_{k\ min}$	1,5 mA
	$I_{k\ max}$	2,5 mA
Katodenspitzenstrom	$I_{ks\ max}$	12 mA[1])
Impulsdauer	$t_{p\ min}$	0,1 ms[1])
	$t_{p\ max}$	2 ms[1])
Katodenvorspannung	$U_{kk\ min}$	60 V[2])
Löschspannung	$U_{L\ min}$	118 V
Umgebungstemperatur	$T_{Ugb\ min}$	− 55 °C
	$T_{Ugb\ max}$	+ 70 °C

BETRIEBSBEDINGUNGEN

Bei Impulsbetrieb ist es notwendig, daß die anzusteuernde Katode gegenüber den ausgeschalteten um einen Betrag ins Negative und die Anode gegebenenfalls ins Positive getastet wird. Die Zündverzögerung beträgt bei U_b = 180 V etwa 400 ms.

Bei aperiodischem Betrieb muß ein Schaltzeitverhältnis von mindestens 1:500 innerhalb 50 Betriebsstunden je Ziffer gewährleistet sein. Die Temperatur am Bildfenster der Röhre muß gleich oder größer als die allgemeine Kolbentemperatur sein.

Bei Umgebungstemperaturen unter 0 °C ist mit größeren Änderungen der elektrischen Werte und verkürzter Lebensdauer zu rechnen.

Abgesehen davon, daß wiederum der maximale Betriebsstrom der Röhre überschritten wird, äußert sich die Rückwirkung auf die Schaltung für gewöhnlich in einer Überlastung des gerade steuernden Schalttransistors.

Die kritischen Punkte variieren nicht nur vom eingestellten Katodenstrom I_k, wie die verschiedenen Kurven des Diagramms zeigen. Das Bild 5 wurde mit einer Ziffer eine Röhre als Beispiel aufgenommen. Natürlich streuen die Kurven auch entsprechend den geometrischen Gegebenheiten in der Anordnung der Ziffern innerhalb der Röhre von Katode zu Katode und von Exemplar zu Exemplar. Es wird daher ein Streubereich für die Abhängigkeit $I_{kk} = f(U_{kk})$ angegeben (Bild 6), in dem die untere Grenze des Arbeitsbereiches bei $U_{kk\,min} = 60$ V eingetragen ist. Der Arbeitsbereich über $U_{kk} = 100$ V ist für den Entwurf der Schaltung als kritisch anzusehen.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Ziffernanzeigeröhre Z 570 M sind so vielfältig, daß kaum ein Gebiet der gesamten Meß-, Steuer- und Regelungstechnik neben der Datenverarbeitungselektronik fehlen dürfte. Für spezielle Aufgaben des Meßgerätesektors wurden noch zwei weitere Anzeigeröhren entwickelt, die wie die Z 561 M zur Z 560 M eine Ergänzung zur Z 570 M bilden.

Die Z 580 M eignet sich zur Anzeige der Symbole p, n, μ, m, k, M, G und T. Die Z 581 M dient zur Darstellung der Zeichen A, Hz, F, H, Q, S, Ω und V. Beide Röhren stimmen im Aufbau mit der Z 570 M soweit überein, daß für sie die gleichen äußeren Abmessungen (Bild 3) gelten. Die Sockelanschlüsse gibt Bild 7 wieder. Auch die technischen Daten können für diese Röhren übernommen werden, jedoch ist zunächst ein Betrieb nach Bild 2 zu empfehlen.

Auch die Röhren Z 580 M und Z 581 M werden auf Wunsch ohne Lackfarbfilterüberzug unter den Typenbezeichnungen Z 5800 M und Z 5810 M geliefert.

Die Anzeigeröhren Z 570 M, Z 580 M und Z 581 M befinden sich noch in Entwicklung, geringfügige Änderungen der angegebenen Werte sind möglich.

---

[1]) Bei Impulsbetrieb Integrationszeit $\leqq$ 20 ms, wobei das Produkt $I_{ks} \cdot t_p$ kleiner als $6 \cdot 10^{-6}$ As sein muß.

[2]) Die Katodenvorspannung U_{kk} ist die zwischen der eingeschalteten Katode und den ausgeschalteten Katoden anliegende Spannung.

LITERATUR

(1) Müller, W.; Kullmann, J.: Die Anwendung von Kaltkatodenröhren in einem Zeitmeßgerät mit digitaler Zeitanzeige, radio und fernsehen 12 (1963), H. 2, S. 59–63

(2) Müller, W.: Berechnung des ohmschen Lastwiderstandes für Kaltkatodenröhren bei Wechselspannungsbetrieb, radio und fernsehen 14 (1965), H. 7, S. 203 und 204

(3) Masche, B.: Demonstrationsmodell mit der Dekadenzählröhre Z 572 S und der Ziffernanzeigeröhre Z 560 M, radio und fernsehen 14 (1965), H. 14, S. 444 und 445

(4) Engler, P.: Anzeigespeicher und Anzeigeverstärker mit der Z 870 M für biquinäre Zähldekaden, radio und fernsehen 15 (1966), H. 4, S. 115 und 116, H. 5, S. 137 und 138

(5) Häußler, E.: Kaltkatoden-Zählröhren und Anzeigeröhren hoher Zuverlässigkeit für industrielle und kernphysikalische Geräte. Nachrichtentechnik 12 (1962), H. 11, S. 432–435

(6) Häußler, E.: Z 870 M – eine biquinäre Ziffernanzeigeröhre, radio und fernsehen 15 (1966), H. 4, S. 108–110

DEKADISCHER ZÄHLBAUSTEIN MIT DER ZIFFERNANZEIGERÖHRE Z 570 M

Dipl.-Phys. K. H. Haberlandt und Ing. P. Göldner

Im folgenden Beitrag wird die Funktionsweise einer mit Transistoren aufgebauten Zähldekade und eines dazugehörigen Anzeigeverstärkers mit npn-Transistoren für die Ziffernanzeigeröhre Z 570 M beschrieben. Die dimensionierten Schaltungen werden angegeben. Anschließend wird die Möglichkeit erläutert, mit einer relativ einfachen Schaltung, bei einem vorwählbaren Zählerstand, eine Operation auszulösen.

Die Vorteile derartiger Zähler sind einmal die Anzeige des Zählergebnisses in der gewohnten dezimalen Form, die Ablesbarkeit auch aus größerer Entfernung selbst bei ungünstigen Lichtverhältnissen sowie der kleine kompakte Aufbau. Durch die Verwendung der vom VEB Werk für Fernsehelektronik neu entwickelten Anzeigeröhre Z 570 M, deren Kolbendurchmesser nur 19 mm beträgt, ist es möglich, auf relativ kleinem Raum vielstellige Zahlen in einer Anzeigeeinheit zusammenzufassen. Weiterhin ist hervorzuheben, daß die im Anzeigeverstärker zum Einsatz kommenden npn-Si-Epitaxi-Planar-Transistoren SF 128 vom VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder) gegenüber pnp-Transistoren zu einer erheblichen Stromersparnis führen.

DER BISTABILE MULTIVIBRATOR

Das Grundelement aller nichtperiodisch arbeitenden Zählschaltungen ist der bistabile Multivibrator (BMV). Seine Funktionsweise ist allgemein bekannt und in der Literatur häufig beschrieben worden (1) (2) (3) und (4). Die in der Rechentechnik übliche Schaltung des BMV, der zwei Spannungsquellen benötigt, wurde nicht verwendet. Die zum Sperren der Transistoren notwendige positive Spannung an der Basis wird durch den gemeinsamen Emitterwiderstand erzeugt. Bild 1 zeigt die verwendete Grundschaltung (2).

BEDEUTUNG DER VERWENDETEN GRÖSSEN

U_{CEx} $\triangleq$ Kollektor-Emitterspannung des leitenden Transistors

U_{BEx} $\triangleq$ Basis-Emitterspannung des leitenden Transistors

U_{BEy} $\triangleq$ Basis-Emitterspannung des gesperrten Transistors

U_O $\triangleq$ Betriebsspannung

I_{Cx} $\triangleq$ Kollektorstrom des leitenden Transistors

U_E $\triangleq$ Spannung zwischen Emitter und Masse

I_{CBO} $\triangleq$ maximaler Reststrom bei maximal auftretender Kristalltemperatur

Zur Berechnung werden I_{Cx}, U_E und U_O vorgegeben. I_{Bx} und U_{BEx} werden dem Kennlinienfeld des verwendeten Transistors entnommen. Aus Bild 1 ergeben sich folgende Gleichungen (2):

$$(I_3 + I_{CBO})\, R_3 = U_E - U_{BEy} \qquad (1)$$

$$I_3\, R_2 = U_{CEx} - U_{BEy} \qquad (2)$$

$$(I_{Cx} + I_3 + I_{CBO})\, R_1 = U_O - U_E - U_{CEx} \qquad (3)$$

$$(I_3{}' + I_{CBO})\, R_3 = U_E + U_{BEx} \qquad (4)$$

$$(I_3{}' + I_{Bx})\, R_2 + (I_3{}' + I_{Bx} + I_{CBO}) \qquad (5)$$

$$R_1 = U_O - U_E - U_{BEx}$$

$$(I_{Cx} + I_{Bx})\, R_4 = U_E \qquad (6)$$

Um am Kollektor des gesperrten Transistors eine bestimmte Spannung U_{CEy} zu erhalten – sie ist für die nachfolgende logische Schaltung wichtig –, muß $I_3{}'$ folgenden Wert haben:

$$I_3{}' = \frac{U_O - U_{CEy}}{R_1} - I_{Bx} - I_{CBO} \qquad (7)$$

Die Kollektorwiderstände R_1 ergeben sich zu

$$R_1 = \frac{U_O - U_{CEx}}{I_{CEx}} - \frac{U_E}{I_{CEx} + I_{Bx}} \qquad (8)$$

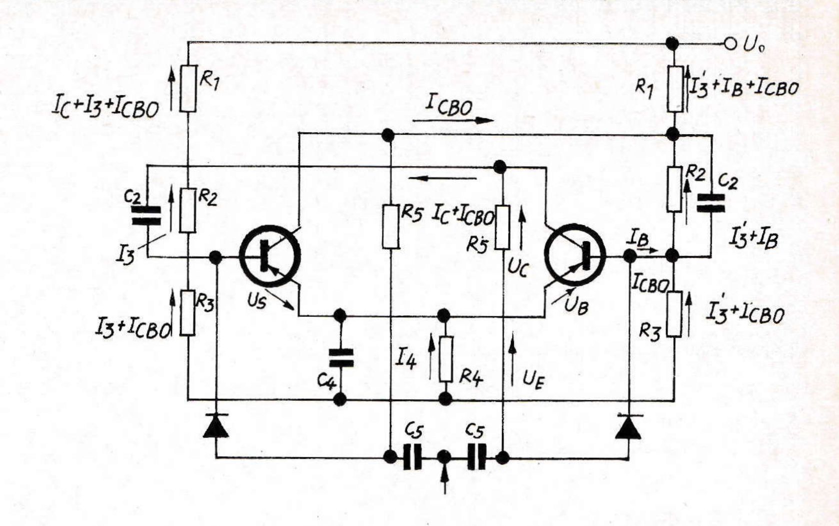


Bild 1

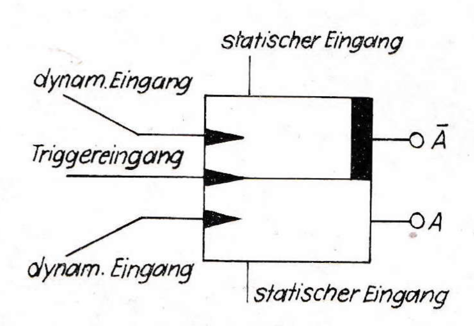


Bild 2

Auf dieser Grundlage wurden die BMV der Zähldekade aufgebaut. Der relativ niedrige Kollektorwiderstand wird durch die kapazitive und ohmsche Belastung gerechtfertigt. Bei der dynamischen Dimensionierung sind folgende Punkte zu beachten:

Der Emitterkondensator muß die Bedingung

$$t_r \geqq R_4 \; C_4 \geqq T \qquad (9)$$

(t_r = Anstiegszeit der Ausgangsimpulse)

erfüllen. Es muß gewährleistet sein, daß während der Umschaltung des BMV am Emitterwiderstand kein nennenswerter Potentialsprung entsteht. Die Ladung von C_4 darf aber nicht so groß sein, daß sie sich nicht während der Zeit $T = 1/f_{max}$ (f_{max} = maximale Triggerfrequenz) über R_4 entladen kann, da sich sonst das Gleichspannungspotential an R_4 unzulässig verschiebt. Ähnliche Überlegungen gelten für die Koppelkondensatoren C_2

$$R_2 \, C_2 \leqq T$$

$$C_2 \geqq \frac{1}{\omega_N} \cdot \frac{I_C}{\Delta U} \qquad (10)$$

Hierbei sind

$\Delta U \triangleq$ Spannungssprung am Kollektor

$\omega_N \triangleq$ Grenzfrequenz in Basisschaltung

Die Zuführung der Triggerimpulse erfolgt über ein Differenzierglied, für dessen Zeitkonstante $R_5 \, C_5$ die Bedingung (10) sinngemäß anzuwenden ist. Der BMV wird durch positive Impulse getriggert. Die jeweils vor die Basis geschaltete Diode verhindert das Auftreten einer negativen Triggerspannung und bildet zusammen mit R_5 eine Eingangstorschaltung, die immer nur dem gerade leitenden Transistor den positiven Triggerimpuls zuführt. Durch diese Maßnahme, die in ihrer Anwendung weit verbreitet ist, erreicht man eine höhere Umschaltsicherheit. Bild 2 zeigt die symbolische Darstellung des BMV, um Schaltungen, die eine Vielzahl von BMV enthalten, rationell zeichnen zu können.

ZUSAMMENSCHALTUNG ZU EINER ZÄHLDEKADE

Ohne besondere Maßnahmen ist es mit Binärzählern nur möglich, Untersetzungsverhältnisse der Form $1/2^n$ (n ganzzahlig und positiv) zu realisieren. Ein Untersetzungsverhältnis 1:10 zu erzielen, ist mit Hilfe von Rückführungen innerhalb der Zählschaltung möglich. Es gibt eine Reihe von Verfahren, die darauf hinauslaufen, die Ziffern 0 ... 9 in einem bestimmten Code darzustellen. Nach (2) ist auch eine Schaltung möglich, die ohne Rückführung eine dekadische Untersetzung realisiert; ihr Nachteil besteht darin, daß den einzelnen Ausgängen keine Wertigkeit zugeordnet werden kann. Das Blockschaltbild einer aufgebauten Dekade zeigt Bild 3. Wie aus der folgenden Schaltbelegungstabelle ersichtlich ist, läßt sich den einzelnen Ausgängen der Dekade eine Wertigkeit zuordnen.

Wertigkeit	1	2	4	8	Wertigkeit	1	2	4	8
Ziffer	Binärziffer				Ziffer	Binärziffer			
0	0	0	0	0	5	L	0	L	0
1	L	0	0	0	6	0	L	L	0
2	0	L	0	0	7	L	L	L	0
3	L	L	0	0	8	0	0	0	L
4	0	0	L	0	9	L	0	0	L

Diese Kombination entspricht der binärtetradischen Verschlüsselung, die den Vorteil der Anschlußmöglichkeit eines gebräuchlichen Zahlendruckers bietet.

ANZEIGETEIL

Die Ansteuerung der Ziffernanzeigeröhren ist grundsätzlich sowohl mit pnp- als auch mit npn-Transistoren möglich. Als Forderung an den Transistor wird eine hohe Kollektor-Emitterspannung U_{cev} verlangt. Sie muß mindestens so groß sein, daß die Spannungsdifferenz zwischen der Anodenzündspannung U_z und der Anodenlöschspannung U_L der Ziffernanzeigeröhre durch den Transistor geschaltet werden kann. Im Bild 4 ist die Schaltung zur Ansteuerung einer Ziffernanzeigeröhre vom Typ Z 570 M durch Germanium-pnp-Transistoren angegeben. Da für die Z 570 M eine Zündspannung von $U_z \geqq 150$ V benötigt wird, kann diese nur zünden, wenn der Transistor gesperrt ist. Bei leitendem Transistor besitzt der Kollektor praktisch Nullpotential, und die Anodenlöschspannung wird unterschritten ($U_L = 120$ V). Bei Betrachtung des Leistungsbedarfs dieser Ansteuerungsschaltung für eine Ziffernanzeigeröhre ist erkennbar, daß jeweils neun Transistoren Strom führen müssen. Das sind die Ansteuerungstransistoren, die den jeweils nicht leuchtenden Ziffern zugeordnet sind. Gesperrt ist nur der Transistor, der die anzuzeigende Ziffer ansteuert.

Im Bild 5 ist die Ansteuerung der gleichen Ziffernanzeigeröhre durch npn-Transistoren dargestellt. In dieser Schaltung werden Transistoren des Typs SF 128 verwendet. Sie zeichnen sich durch eine hohe Kollektor-Emitter-Sperrspannung von 100 V aus. Eine Ziffernkatode glimmt dann, wenn der zugehörige Steuertransistor leitend ist. Das bedeutet, daß bei Verwendung von npn-Transistoren der Leistungsbedarf zur Ansteuerung einer Anzeigeröhre gegenüber pnp-Transistoren auf ein Neuntel reduziert ist.

An den Ausgängen der Zähldekade stehen die Ziffern in binärtetradischer Verschlüsselung zur Verfügung. Demnach ist eine Schaltung zur Konvertierung in die gewohnte Dezimaldarstellung notwendig. Sie erfolgt zweckmäßigerweise durch eine Matrixschaltung. Für die vorliegende Zähldekade ist es auf Grund der geringen Anzahl der Matrixeingänge möglich, die Matrix mit Widerständen aufzubauen. Bei einer größeren Anzahl von Eingängen würde eine Widerstandsmatrix eine zu große Last für die sie ansteuernden BMV darstellen. Für solche Fälle ist es zweckmäßig, eine Diodenmatrix zu verwenden. Die vollständige Schaltung der Dekade und des Anzeigeteils mit Widerstandsmatrix zeigen die Bilder 6 und 7.

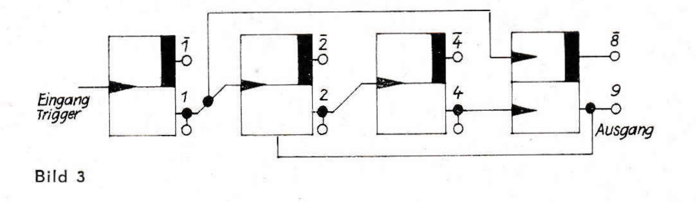


Bild 3

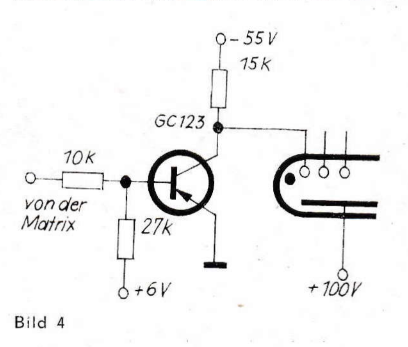


Bild 4

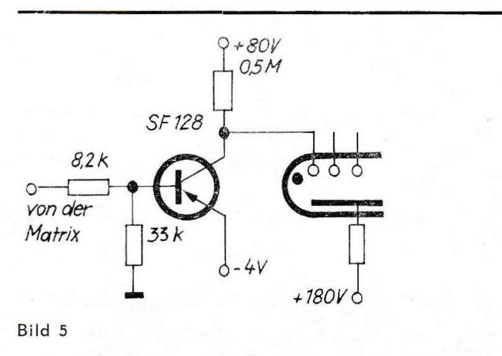
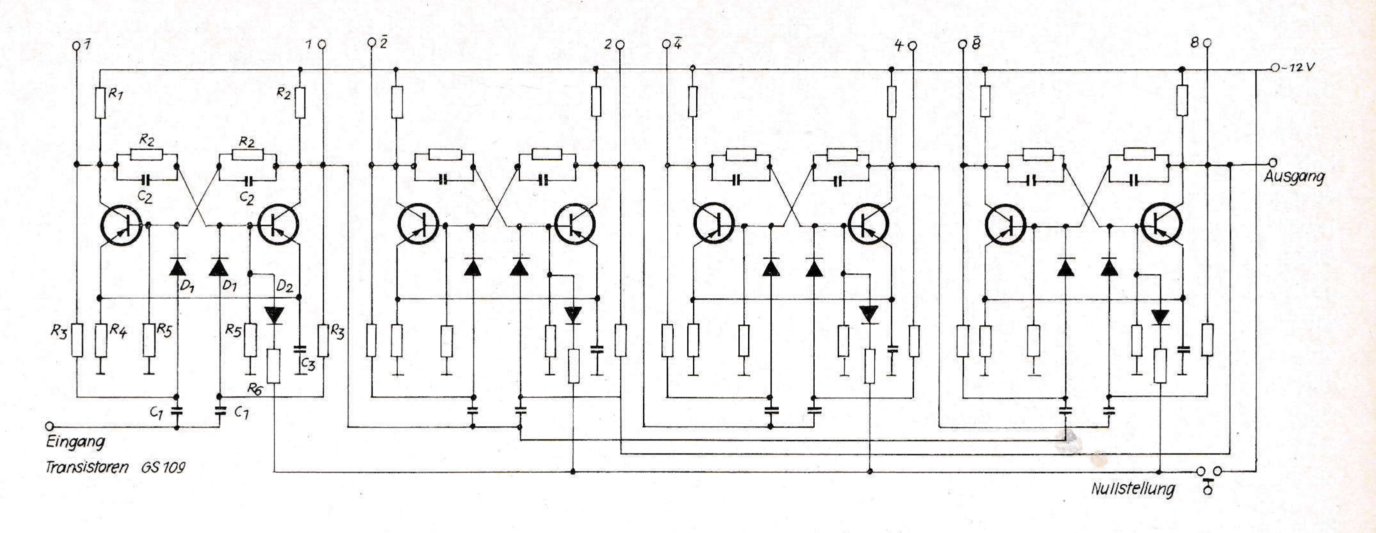
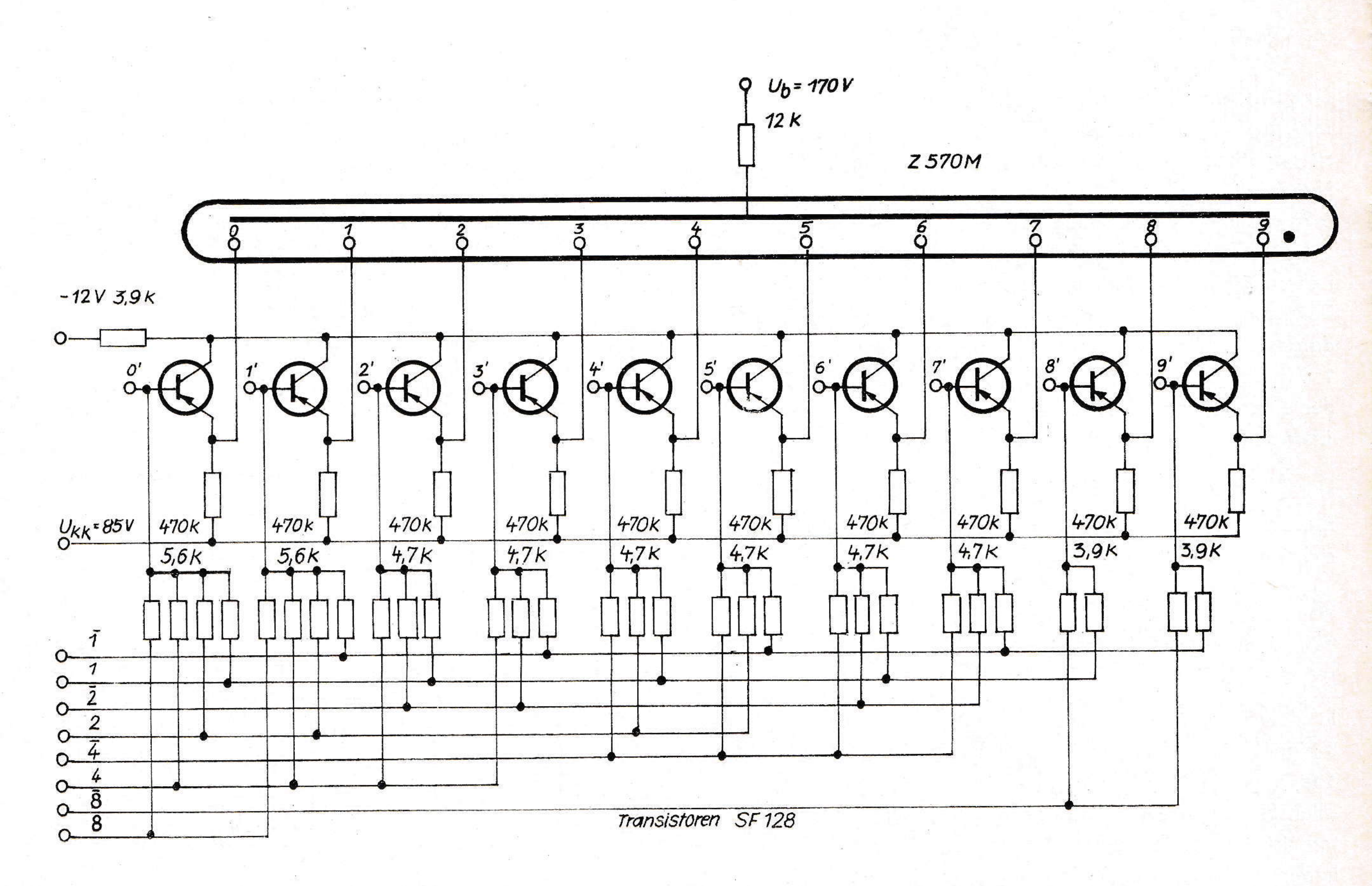


Bild 5



Eingang
Transistoren GS 109
Ausgang
Nullstellung
-12 V

Bild 6



U_b = 170 V
12 K
Z 570M
-12 V 3,9 K
U_{KK} = 85 V
470 K
5,6 K
4,7 K
3,9 K
Transistoren SF 128

Bild 7

AUSLÖSUNG EINER OPERATION BEI EINEM BESTIMMTEN ZÄHLERSTAND

Für die Auslösung einer Operation bei einem bestimmten Zählerstand zieht man vorteilhaft die schon vorhandene dekadische Form einer Zahl heran. Sie möge die Form

$$a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \ldots + a_o \cdot 10^0$$

haben. Die Ziffern $a_n \ldots a_o$ liegen als definierte Spannungswerte nach der Dekodierschaltung (Bild 7) an der jeweiligen Dekade vor (mit 1', 2', 3', ..., 9' bezeichnet). Die Prinzipschaltung für die Auslösung ist im Bild 8 dargestellt. Der zunächst in Stellung „0" gebrachte BMV „a" wird über ein Und-Glied, das mit Transistoren oder Dioden aufgebaut ist, so lange in der Stellung „0" verharren, bis alle Eingänge der Und-Schaltung L-Signal haben. Darauf kippt der BMV „a". An seinem Ausgang A erscheint ein L-Signal, das über den nachfolgenden Verstärker, der etwa ein Relais ansteuert, die gewünschte Operation auslöst.

Beispiel:
Ein 3-Dekadenzähler soll bei einem Zählergebnis 567 eine Operation auslösen (Bild 9).

Durch die Verwendung einer Widerstandsmatrix zur Dekodierung ergibt sich ein ungünstiger Abstand zwischen dem 0- und L-Signal:

„0" – 0 ... – 1,5 V

„L" – 3 ... – 8 V

Das bedeutet, innerhalb eines Intervalls von 1,5 V muß die Und-Schaltung von L nach 0 bzw. von 0 nach L umschalten. Wie allgemein bekannt, ist

$$\overline{x}_1 \wedge \overline{x}_2 \wedge \ldots \wedge \overline{x}_n = \overline{x_1 \vee x_2 \vee \ldots \vee x_n}$$

Das Und-Glied kann also durch ein Oder-Glied mit nachfolgendem Negator ersetzt werden, wenn man von positiver zu negativer Logik übergeht. Bei den allgemein üblichen Negatoren muß die Differenz zwischen dem maximalen 0-Signal und dem minimalen L-Signal größer als 1,5 V sein, um eine sichere Funktion zu gewährleisten. Durch die Annäherung an eine Spannungssteuerung des Transistors und Benutzung einer Hilfsspannung kann jedoch, wie im Bild 10 dargestellt, die notwendige Spannungsdifferenz auf etwa 1 V herabgesetzt werden. Sie ergibt sich aus der Summe der Spannungen $U_{by'} - U_{bx}$ und dem Spannungsabfall über den notwendigen Widerstand R_1, nämlich $-R_1 \, I_{Bx}$.

Der Widerstand R_2 (Bild 8) ist so einzustellen, daß bei einer Eingangsspannung von $U_E = -1{,}5$ V der Transistor T_2 noch sicher gesperrt ist ($U_E = -1{,}8$ V).

Bild 11 zeigt die komplette Schaltung für die Operationsauslösung bei einem n-stelligen Zählergebnis. Die Funktionsweise ist folgendermaßen:

In den Anzeigeverstärkern bedeutet das obengenannte 0-Signal ein Aufleuchten der anzuzeigenden Ziffer, d. h., das vorgewählte Zählergebnis ist dann erreicht, wenn an allen Eingängen $E_1 \ldots E_n$ das 0-Signal liegt. T_1 des Negators ist nur dann gesperrt, wenn alle Eingänge 0-Signal haben. Beim Erreichen des vorgewählten Zählergebnisses springt also das Kollektorpotential von T_1 von 0 auf L. Durch ein Differenzierglied gelangt diese 0-L-Flanke auf die Basis von T_2, der im Grundzustand gesperrt ist und nun leitend wird. Der dabei entstehende positive Nadelimpuls wird zur Ansteuerung des BMV „a" benutzt. An dessen Ausgang A liegt nach Eintreffen des ebengenannten Impulses des L-Signal. Über einen Impedanzwandler zieht ein angeschlossenes Relais an. Ist ein Relais für die Auslösung einer Operation zu träge, kann ein entsprechendes Signal am Punkt A* abgenommen und in geeigneter Weise schaltungstechnisch weiter verarbeitet werden.

STRÖME UND SPANNUNGEN AN DEN EINZELNEN STUFEN

ANZEIGETEIL:

Strombedarf
für die Katodenvorspannung $U_{kk} = 85$ V der Ziffernanzeigeröhre: ≈ 1 mA,
für die Anodenspannung $U_a = 120$ V: $\approx 2{,}5$ mA je Dekade

ZÄHLDEKADE:

Strombedarf je Dekade ≈ 48 mA
Die Spannungspegel betragen an den einzelnen BMV unter Belastung durch den Anzeigeteil
für den gesperrten Transistor: – 8 V,
für den leitenden Transistor: – 1 V.

LITERATUR

(1) Rusche, G., Wagner, K.; Weitsch, F.: Flächentransistoren, Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1961

(2) Hilberg, W.: Schnelle Zähler mit Transistoren. Telefunkenzeitung Heft 128 (1960), S. 98–108

(3) Rumpf, K.-H., und Pulvers, M.: Transistor-Elektronik. VEB Verlag Technik, Berlin 1964

(4) Millmann, J., und Taub, H.: Impuls- und Digitalschaltungen. VEB Verlag Technik, Berlin 1963

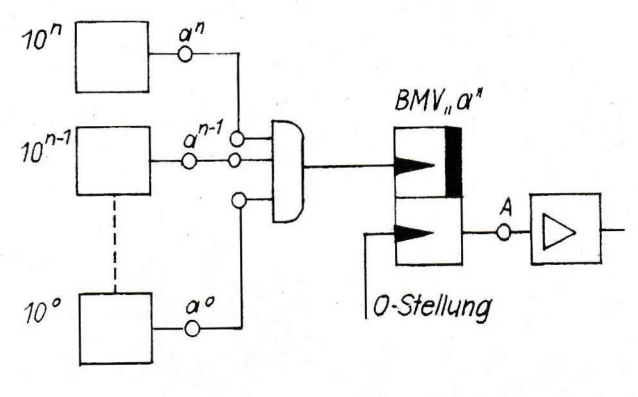


Bild 8

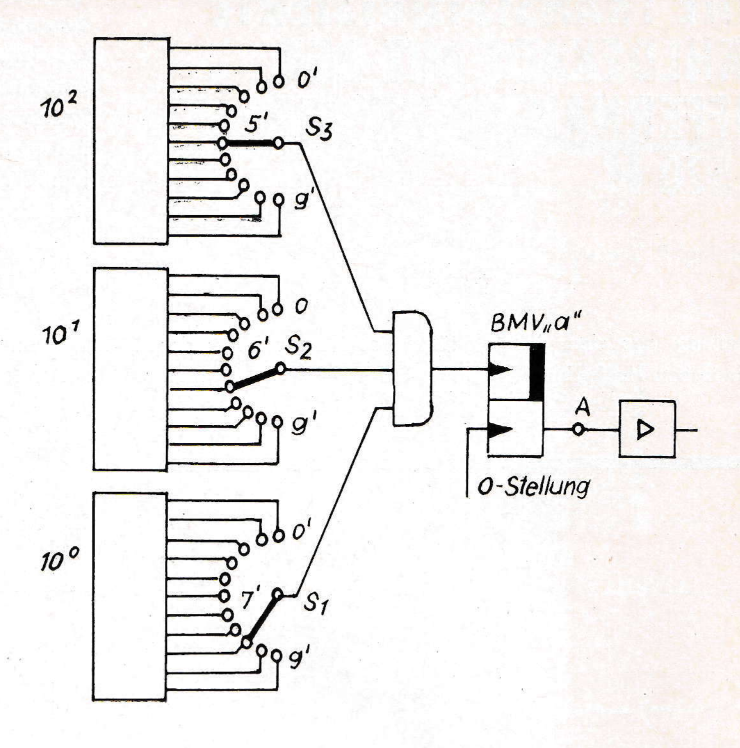


Bild 9

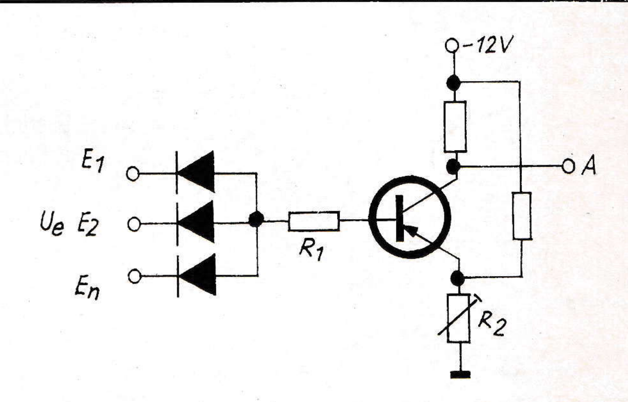


Bild 10

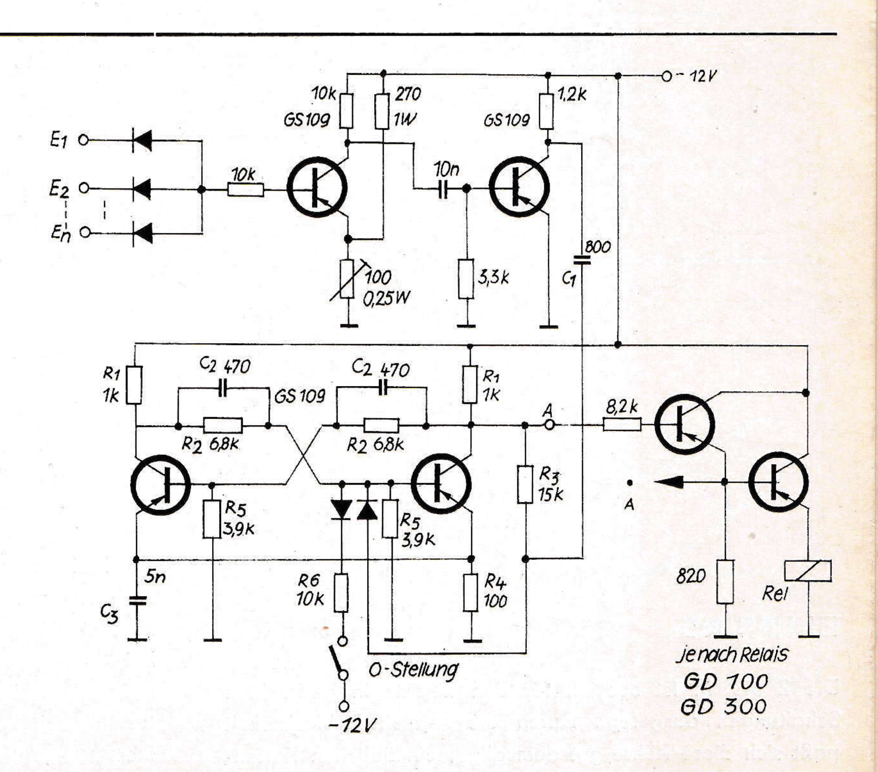


Bild 11

EINE TRANSISTORISIERTE ZÄHLDEKADE MIT DER ZIFFERNANZEIGERÖHRE Z 570 M

Dipl.-Ing. P. Engler

Mitteilung aus dem Institut für Maschinenelemente der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt

EINLEITUNG

Die Z 570 M ist speziell für den Einsatz in gedruckten Schaltungen ausgelegt. Durch die seitliche Ablesbarkeit paßt sich diese Röhre gut dem allgemein üblichen Kartensystem an. Eine auf dem binären System aufgebaute Zähldekade mit Ziffernanzeige muß 2 Funktionen ausführen. Die 1. Funktion ist der eigentliche Zählvorgang, der nach dem binären System abläuft. Die 2. Funktion ist die Anzeige des Zählstandes im dekadischen System. Dazu ist erst die Umwandlung des binären Zählstandes in das dekadische System erforderlich. Nach diesen 2 Funktionen unterscheidet man zwei Baugruppen, die eigentliche Zähldekade (auch Frequenzuntersetzer genannt) und den Anzeigeverstärker, der aus Matrix, Verstärker und Anzeigeröhre besteht.

ZÄHLDEKADE

Für die Darstellung von Zahlen im binären System gibt es mehrere Möglichkeiten (2). Bei Zähldekaden hat sich besonders die 1–2–4–8 Code durchgesetzt.

Bild 1 zeigt das Prinzipschaltbild der Zähldekade.

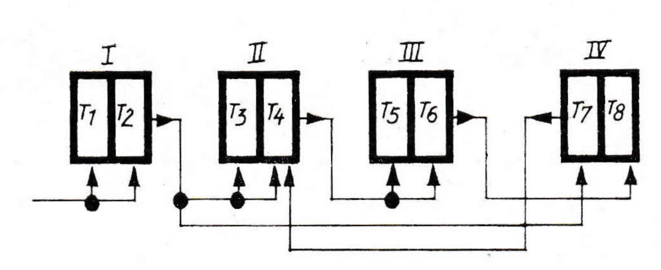


Bild 1:
Prinzipschaltbild der Zähldekade

Sie besteht aus 4 bistabilen Multivibratoren, die eine Speicherkapazität für 16 Dezimalzahlen haben. Da aber nur 9 Zahlen gezählt werden müssen, und nach dem 10. Impuls die Zähldekade wieder in Stellung 0 stehen muß, müssen 6 Zählstellungen übersprungen werden. Hierfür wird ein in (3) angegebenes Verfahren verwendet. Tabelle 1 zeigt den Schaltzustand der Multivibratoren von Bild 1.

Tabelle 1:
Schaltzustand der Multivibratoren

Zahl			II		III		IV	
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
0	0	L	0	L	0	L	0	L
1	L	0	0	L	0	L	0	L
2	0	L	L	0	0	L	0	L
3	L	0	L	0	0	L	0	L
4	0	L	0	L	L	0	0	L
5	L	0	0	L	L	0	0	L
6	0	L	L	0	L	0	0	L
7	L	0	L	0	L	0	0	L
8	0	L	0	L	0	L	L	0
9	L	0	0	L	0	L	L	0
10	0	L	0	L	0	L	0	L

Der Multivibrator I steuert gleichzeitig die Multivibratoren II und IV. Der Multivibrator IV wird unsymmetrisch gesteuert, so daß vom Multivibrator I kommende Steuerimpulse nur bei Stellung „L" des Transistors T_7 den Multivibrator IV umschalten können. Transistor 7 wird durch den Multivibrator III nach dem 8. Impuls in den Zustand „L" gebracht. Der 10. Impuls schaltet den Multivibrator IV um, der einen Impuls an die Basis von T_4 gibt und somit das Umschalten des Multivibrators II verhindert.

Bei dieser Dekade sind zwei Arten der Rückstellung möglich. Bei der ersten Art wird 17 an +12 V geschaltet und über einen Kontakt 16 an 17. Wird der Kontakt geöffnet, werden die rechten Transistoren der Multivibratoren leitend.

Bei der zweiten Art wird 16 an +12 V geschaltet und 17 über eine in Durchlaßrichtung gepolte Diode ebenfalls an +12 V. Ein an 17 gegebener positiver Impuls bewirkt ebenfalls, daß alle rechten Transistoren leitend werden.

ANZEIGEVERSTÄRKER

Das Prinzip eines Anzeigeverstärkers mit pnp-Transistoren wurde in (4) beschrieben und ist in Bild 2 dargestellt.

Jede Katode ist über einen Widerstand R_K an die Betriebsspannung $-U_{B_2}$ und über einen Schalter S an 0 geschaltet. Sind die beiden Bedingungen erfüllt, daß

$$U_{B_1} < U_B$$

und

$$U_{B_1} + U_{B_2} > U_Z$$

ist, kann nur die Katode glimmen, deren Schalter geöffnet ist. Wird der Schalter S durch einen Transistor T ersetzt, ergibt sich für den leitenden Transistor Bild 3 und für den gesperrten Bild 4.

Aus Bild 3 ergibt sich der Widerstand R_K bei gegebenen $U_{KK} \cdot I_K$ und U_{B_2} zu

$$R_K = \frac{U_{B_2} - U_{KK}}{I_K}$$

Aus Bild 5 folgt unter Vernachlässigung von U_{CEX}

$$I_{CX} = \frac{U_{B_2}}{R_K}$$

Die von R_1 verbrauchte Leistung ergibt sich zu

$$P_{RK} = 7_{CX} \cdot U_{B_2}$$

Diese drei Funktionen sind für $U_{KK} = 60$ V, $I_K = 2$ mA

ür $-U_{B_2} = 80$

200 V in Bild 5 dargestellt.

Die Kurve für P_{RK} zeigt, daß die Schaltung bei $-U_{B_2} = 120$ V die geringste Verlustleistung hat. Die Schaltung nach Bild 7 wurde für $-U_{B_2} = 120$ V ausgelegt.

Die Umwandlung der 1–2–4–8 Code in das dekadische Zahlensystem erfolgt nach Bild 7 mit den Widerständen R_{34} – R_{63}. Hierbei muß mindestens 1 Widerstand an der Basis eines Transistors, der an einer nichtglimmenden Katode liegt am Kollektor eines Transistors mit der Schaltstellung „0" geschaltet sein. Die Basiswiderstände des Transistors an der glimmenden Katode müssen alle an L-Potential liegen. Die Wirkungsweise der Widerstandsmatrix veranschaulicht Tabelle 2.

Der Widerstand R_{75} in Bild 7 hebt das Emitterpotential der Transistoren T_9 bis T_{18} über die Restspannung der Transistoren $T_1 \ldots T_8$, damit der Transistor, dessen Basiswiderstände an „L" liegen, gesperrt werden kann.

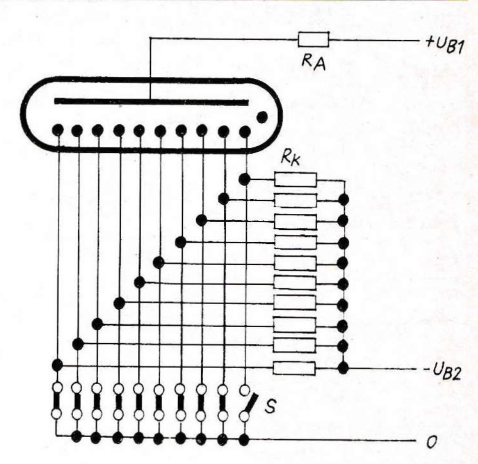


Bild 2:
Prinzipschaltbild des Anzeigeverstärkers

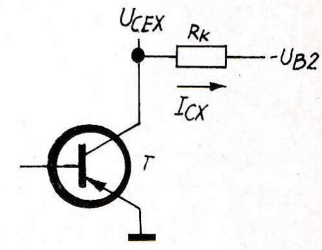


Bild 3:
Transistor T in leitendem Zustand

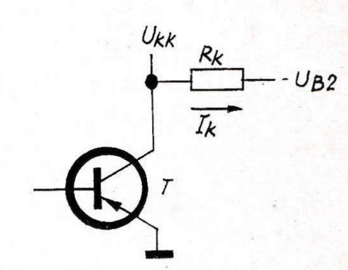


Bild 4:
Transistor T in gesperrtem Zustand

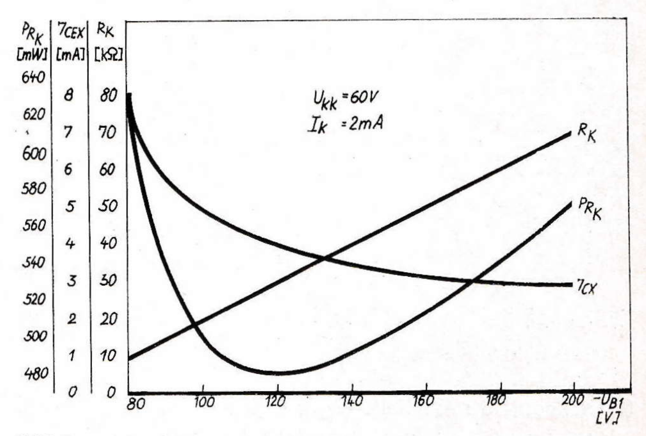


Bild 5:
$(R_K \cdot I_{CX} \cdot P_{RK}) = f(U_{B_2})$

Tabelle 2: Potentiale der Widerstandsmatrix

Zahl	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}	T_{17}	T_{18}
	T_2 T_4 T_6 T_8	T_1 T_4 T_6 T_8	T_2 T_3 T_6	T_1 T_3 T_6	T_2 T_4 T_5	T_1 T_4 T_5	T_2 T_3 T_5	T_1 T_3 T_5	T_2 T_7	T_1 T_7
0	L L L L	0 L L L	L 0 L	0 0 L	L L 0	0 L 0	L 0 0	0 0 0	L 0	0 0
1	0 L L L	L L L L	0 0 L	L 0 L	0 L 0	L L 0	0 0 0	L 0 0	0 0	L 0
2	L 0 L L	0 0 L L	L L L	0 L L	L 0 0	0 0 0	L L 0	0 L 0	L 0	0 0
3	0 0 L L	L 0 L L	0 L L	L L L	0 0 0	L 0 0	0 L 0	L L 0	0 0	L 0
4	L L 0 L	0 L 0 L	L 0 0	0 0 0	L L L	0 L L	L 0 L	0 0 L	L 0	0 0
5	0 L 0 L	L L 0 L	0 0 0	L 0 0	0 L L	L L L	0 0 L	L 0 L	0 0	L 0
6	L 0 0 L	0 0 0 L	L L 0	0 L 0	L 0 L	0 0 L	L L L	0 L L	L 0	0 0
7	0 0 0 L	L 0 0 L	0 L 0	L L 0	0 0 L	L 0 L	0 L L	L L L	0 0	L 0
8	L L L 0	0 L L 0	L 0 L	0 0 L	L L 0	0 L 0	L 0 0	0 0 0	L L	0 L
9	0 L L 0	L L L 0	0 0 L	L 0 L	0 L 0	L L 0	0 0 0	L 0 0	0 L	L L

AUFBAU DER ZÄHLDEKADE

Der Aufbau ist in Bild 6 dargestellt. Zähldekade sowie Anzeigeverstärker sind auf getrennten Leiterplatten aufgebaut, die zusammengeschraubt und mit einem Kabelbaum verbunden sind.

Werden Zähldekade und Anzeigespeicher auf getrennten Steckkarten aufgebaut, ist durch eine entsprechende Sicherung dafür zu sorgen, daß der Anzeigeverstärker nicht in Betrieb genommen werden kann, ohne an die Zähldekade angeschlossen zu sein, da sonst die Anzeigeröhre und die Transistoren überlastet werden.

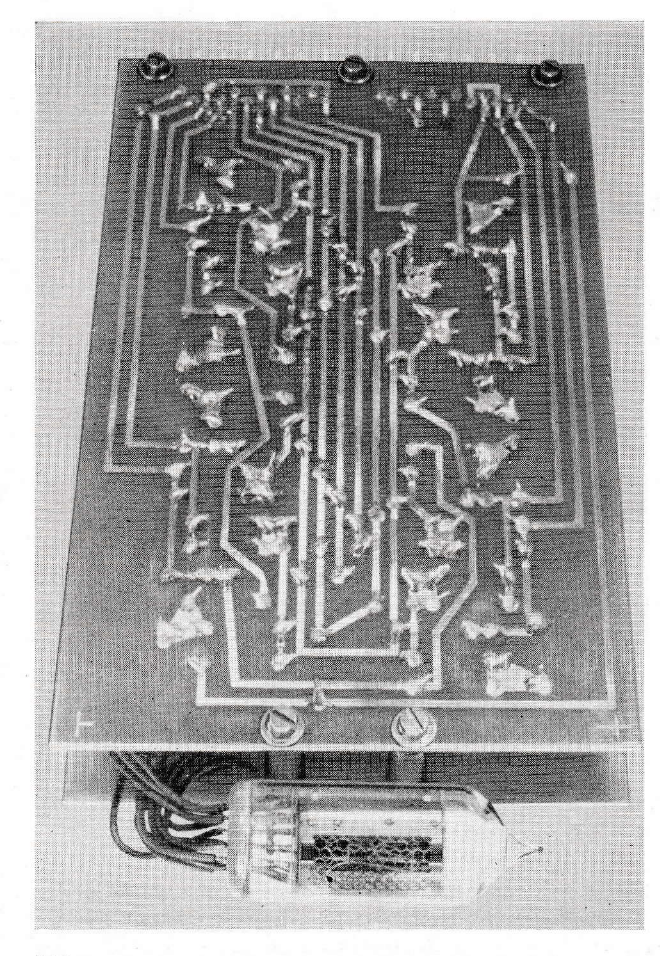


Bild 6:
Aufbau der Zähldekade

LITERATUR

(1) Häußler, E.: Die Ziffernanzeigeröhre Z 570 M. radio und fernsehen 16 (1967), H. 8, S. 232 und 233

(2) Rumpf, K.-H., und Pulvers, M.: Transistor-Elektronik. VEB Verlag Technik

(3) Kühnert, S.: Schnelle Zähldekaden mit Transistoren. Nachrichtentechnik 11 (1961), H. 4, S. 177–180

(4) Will, G.: Anzeigeverfahren bei Transistorschaltungen. Nachrichtentechnik 11 (1961), H. 4, S. 180–185

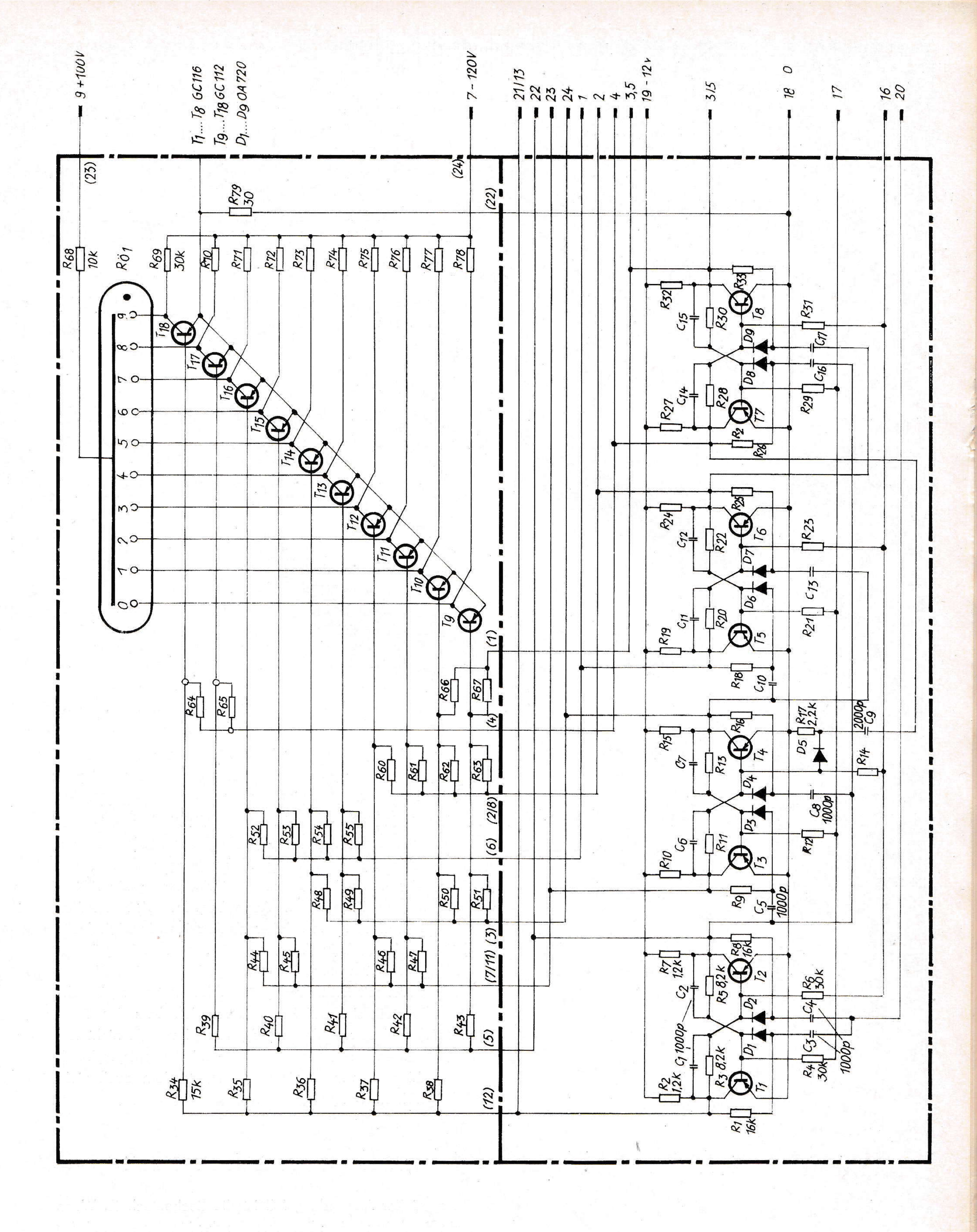


Bild 7:
Vollständiger Schaltplan der Zähldekade

Z 870 M – EINE BIQUINÄRE ZIFFERNANZEIGERÖHRE

E. Häußler

Mitteilung aus dem Entwicklungsbereich des VEB Werk für Fernsehelektronik, Berlin

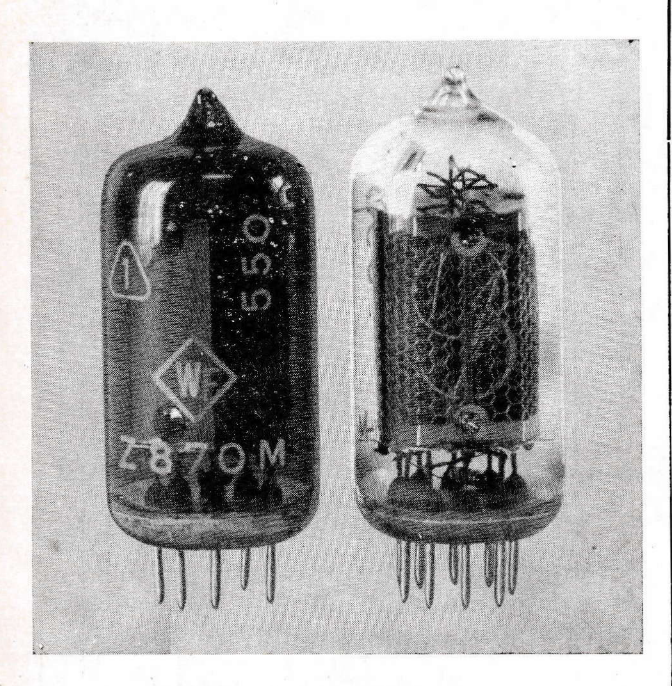


Bild 1: Biquinäre Ziffernanzeigeröhre Z 870 M

ALLGEMEINES

Die Messung einer elektrischen Größe wurde früher mit Zeigerinstrumenten durchgeführt, wobei die Meßgröße die Leistung für den Zeigerausschlag selbst aufbringen mußte. Die ständig ansteigenden Anforderungen an die Meßgenauigkeit, vor allem aber die zunehmende Automatisierung technischer Vorgänge, führten zwangsläufig zur Digitaltechnik. Die Meßgrößen werden in beliebig kleine, gleichgroße Stufen zerlegt und diese in einem Zählvorgang summiert. Das Meßergebnis liegt am Schluß dieses Vorganges zahlenmäßig, in einer der geforderten Genauigkeit entsprechenden Stellenzahl, in den einzelnen Dekaden der Zählstufe vor. Diese Meßmethode erlaubte endgültig von den Zeigerinstrumenten und ähnlichen Apparaturen abzugehen.

Ziffernanzeigeröhren

Für die Form, in der das Meßergebnis vorliegt, wurde in den Ziffernanzeigeröhren die geeignete Aussagemöglichkeit gefunden. Diese Röhren erfüllen unter den derzeit günstigsten technischen Bedingungen die Umsetzung von einem in einer Schaltung anstehenden elektrischen Zustand in eine optische, schriftgewohnte Information. Ziffernanzeigeröhren sind edelgasgefüllte Glimmentladungsröhren. Zehn kalte, zu arabischen Ziffern geformte Katoden sind so übereinanderliegend montiert, daß sie der Reihe nach an gleicher Stelle abgelesen werden können (in-line-readout). Im Betrieb überzieht sich die angeschaltete Katode mit einer hellrot leuchtenden Glimmhaut. Die anderen vor oder hinter ihr liegenden Katoden wirken nicht störend, da die leuchtende Katode etwa zweifach verbreitert erscheint. Die Z 560 M des VEB Werk für Fernsehelektronik ist eine Ziffernanzeigeröhre mit 15 mm hohen Zahlenkatoden. Zur Ergänzung wird die Zeichenanzeigeröhre Z 561 M geliefert, die der Anzeige der Symbole +, –, ~, %, V, A, W und Ω dient. Beide Röhren sind frontablesbare Standardtypen, die auch bei direkt einfallendem Sonnenlicht über eine Entfernung von etwa 9 m eindeutig abgelesen werden können. Mehrstellige Resultate eines Meßvorganges können auf einer Zeile nebeneinander montierter Ziffernanzeigeröhren sichtbar gemacht und vom Auge bequem erfaßt werden. Man findet diese Röhren daher als Anzeigen in Digitalvoltmetern, Zählern, Zeitgebern sowie neuerdings in größtem Umfang in Datenverarbeitungsanlagen. Das internationale Sortiment ist seit Einführung dieser Röhrenart sehr gewachsen. Es verteilt sich auf front- (durch den Dom des Glaskolbens) und seitenablesbare Typen und umfaßt nicht nur Anzeigeröhren von 8 bis 50 mm Ziffernhöhe, entsprechend einer Ableseentfernung bis zu 30 m, sondern auch viele Anzeigeröhren für Spezialzwecke.

ANWENDUNG IN DER RECHENTECHNIK

Ein spezieller Anwendungsfall ist die Rechentechnik. Wenn nicht durch besondere Forderungen der jeweilige Stand des Vorganges ständig abfragbar sein muß, baut man die Zähler binär auf, da der Verbrauch an Bauelementen geringer ist. Das Binärsystem erfordert die Umwandlung aus bzw. in das Dezimalsystem bei der Eingabe und am Ausgang des Gerätes. Um den hierfür erforderlichen Aufwand zu vermeiden bzw. zu verringern, benutzt man häufig abgewandelte Zahlensysteme, z. B. die binär verschlüsselten, indem man nicht die ganze Dezimalzahl, sondern jeweils ihre einzelnen Ziffern in Binärzahlen umsetzt und umgekehrt.

Bild 2

Das Gerät kann damit binär arbeiten, wobei aber zusätzlich bestimmte Korrekturen erforderlich sind. Die Ablesung ist schwierig, weil jede Zählstelle nur als Kombination der Schaltzustände mehrerer Stufen gegeben ist. Jedes der in elektronischen Rechnern verwendeten Systeme hat Vor- und Nachteile hinsichtlich der Umsetzung im bzw. aus dem Dezimalsystem, des Aufwandes an Schaltmitteln, der Speicherung, der Durchführung, der Operation im Rechenwerk, der benötigten Stellenzahl, der Zählgeschwindigkeit und der Kontrollen. Dies verdeutlicht eine Gegenüberstellung der Eigenschaften der meist verwendeten Zahlensysteme.

Zahlensysteme	Stufenzahl je Dekade	günstig für	ungünstig für
binär	3,3	Rechnen Speichern	Umsetzen im Eingang und Ausgang
binär verschlüsselt in Tetraden	4	Rechnen Speichern	Kontrolle
biquinär	7	Rechnen Kontrolle	Speichern
dezimal	10	Umsetzen im Eingang und Ausgang	
2 aus 5-Code	5	Kontrolle	Rechnen

Aus dieser Aufstellung ist ersichtlich, daß in den wichtigsten Punkten das biquinäre System die gleichen Vor- und Nachteile bietet wie das dezimale, ohne aber den Schaltungsaufwand des letzteren zu erreichen. Bei der biquinären Verschlüsselung wird auch die unangenehme Eigenschaft der binären Verschlüsselung in Tetraden, daß nämlich von 16 Möglichkeiten lediglich 10 ausgenutzt werden können, vermieden. Eine biquinär verschlüsselte Dezimalziffer setzt sich aus zwei Teilen zusammen: einem fünfstelligen quinären Teil mit den Bewertungen 0, 2, 4, 6 und 8 und einem zweistelligen binären Teil mit den Bewertungen 1 und 0. Der besondere Vorteil dieser Codierung besteht in der einfachen Möglichkeit des Auffindens eines Fehlers durch die übersichtliche Zähl- bzw. Rechenart. Jeder Rechenvorgang hat zur Folge, daß das Ergebnis zur Weiterverwendung, und sei es auch nur zur Kontrolle, in schriftgewohnter Form ablesbar sein muß. Die an bestimmten Widerständen der gewählten Schaltung stehenden Spannungen sind dafür unzureichend. Das beliebig verschlüsselte Ergebnis muß daher zur Anzeige in das Dezimalsystem übersetzt werden. Zu diesem Zweck werden nach vorgenannter Aufstellung mehr oder minder aufwendige Matrixschaltungen zur Decodierung erforderlich. Um die dabei entstehenden Leistungsverluste auszugleichen und gleichzeitig eventuelle Rückwirkungen von der Anzeigeröhre auf die Schaltung zu vermeiden, erfolgt der Anschluß meist nicht einfach über Widerstände, sondern unter Zwischenschaltung von aktiven Trennelementen. Je nach Umfang und Art des Gerätes werden dafür Hochvakuumtrioden, Kaltkatodenrelaisröhren oder Transistoren eingesetzt. Für die Z 560 M muß dieser Schaltungsaufwand je Ziffernkatode, also zehnmal aufgebracht werden. Da die Geräte mit mehr als einer Dekade arbeiten, können in der Summe immer noch erhebliche Kosten auftreten.

Dieser zusätzliche Aufwand, der parallel zum eigentlichen Rechenaufwand getrieben werden muß, ließ sich bisher nur durch Wahl eines günstigen Zahlensystems hinsichtlich der Decodierschaltung verringern. Bei den binären und binär verschlüsselten Zahlensystemen ergeben sich Vereinfachungen, da ja die Unterscheidung zwischen geradem und ungeradem Wert in diesen Systemen mindestens einmal direkt vorliegt. Macht man aus schaltungstechnischen Überlegungen vom biquinären Zahlensystem Gebrauch, so stehen entsprechend der vorgenannten Aufstellung Spannungsabfälle für fünf Zahlenpaare und für die Unterscheidung zwischen geradem und ungeradem Wert des jeweiligen Zahlenpaares direkt zur Verfügung. Dieser Schaltungsart ist die Röhrenindustrie durch einen Typ entgegengekommen, der dieser Verschlüsselung angepaßt ist und zu erheblichen Einsparungen führt.

MECHANISCHER AUFBAU DER Z 870 M

Die Konstruktion der Ziffernanzeigeröhre Z 870 M (Bild 1) benutzt als Grundzahlen für das Anzeigesystem fünf und zwei, die eine biquinäre bzw. biquinärcodierte Zählweise bei dezimaler Anzeige weitgehend erleichtern, sie weicht damit deutlich vom Aufbau der dekadischen Anzeigeröhre Z 560 M ab. Bei der Z 560 M sind alle zehn zu Ziffern ausgebildeten Katoden auf zwei Aufbaustreben hintereinander angeordnet und in einem Käfig, der Anode, untergebracht. Das ist bei biquinärer Anordnung nicht mehr möglich (Bild 2).

Die Röhre ist durch die Abschirmung in eine vordere und eine hintere Hälfte geteilt. Die Abschirmung ist mit der umgebenden Konstruktion fest verschweißt, wodurch sich zwei getrennte Käfige bilden, die oben und unten durch Glimmerscheiben verschlossen sind. Beidseits dieser trennenden Abschirmung liegen die jeder Zifferngruppe zugeordneten Anoden, dann folgen nach vorn die Zifferndkatoden 1–3–5–7–9 und nach hinten 0–2–4–6–8. Die Ziffern sind in entsprechenden Paaren über die Zuführungen innerhalb der Röhre untereinander verbunden (Bild 3).

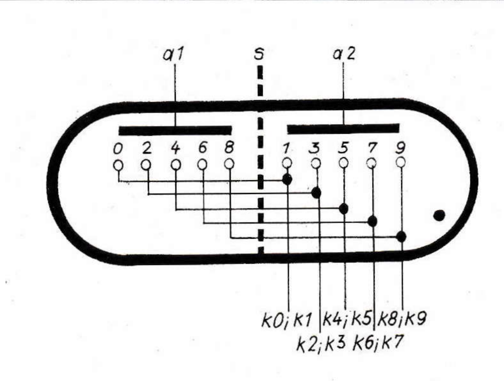


Bild 3

Auch hier sind die Einbauteile auf zwei Streben aufgereiht. Die Verdeckung der hinteren Ziffern wird nicht spürbar, da durch die Glimmhaut, mit der sich die Katoden im Betrieb überziehen, diese doppelt so breit erscheinen. Die Gasfüllung besteht aus einem Edelgasgemisch mit einem Zusatz von Quecksilber zur Erhöhung der Lebensdauer. Die Z 870 M ist mit einem roten Lackfarbfilterüberzug versehen, der auch Spiegelungen auf dem Glaskolben und Blendlicht in der Röhre so verringert, daß die leuchtende Ziffer ohne jedes Beilicht scharf zu sehen ist. Für größere Geräte, bei denen mehrere zu einem Anzeigetableau vereinigte Röhren gemeinsam mit einer Rotfilterscheibe aus Glas oder eingefärbtem Polystyrol abgedeckt werden sollen, wird die beschriebene Röhre ohne Lackfarbfilterüberzug unter der Bezeichnung Z 8700 M geliefert. Durch die Miniaturausführung der Röhre wird eine engere Packung mehrerer Röhren bei vielstelligen Gesamtanordnungen ermöglicht. Außerdem erlaubt diese Konstruktion eine Weitwinkelablesbarkeit der 15 mm hohen Ziffern durch die Seite des Glaskolbens (Ableserichtung von Stift 8 vorn nach Stift 3). Die Zuführung der Betriebsspannungen erfolgt über einen 9-Stift-Miniaturfuß (Bild 4).

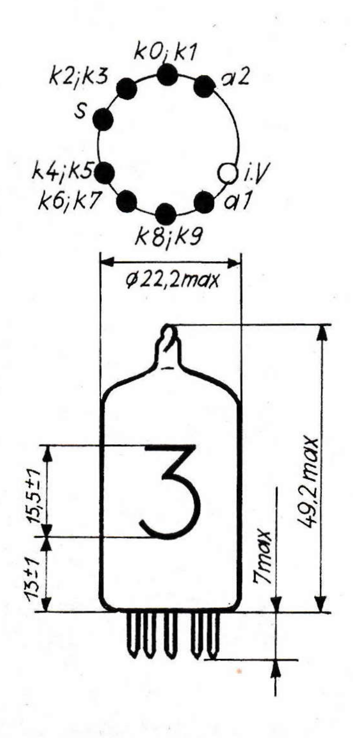


Bild 4

BETRIEBSHINWEISE FÜR DIE Z 870 M

Die zugelassenen Daten verdeutlicht das Potentialschema (Bild 5). Die Röhre wird nach dem Anschlußschema (Bild 6) betrieben. Nach Anlegen einer der empfohlenen Betriebsspannungen zwischen einem Katodenpaar z. B. 4–5 und der Anode für die Geradzahligen-Gruppe a_1 über den zugehörigen Vorwiderstand R_a kommt es zur Zündung der Entladung und die geradzahlige Ziffer 4 des Katodenpaares leuchtet. Zum Weiterschalten auf die nächste Zahl 5 werden einfach die Anschlüsse der Anoden a_1 und a_2 vertauscht, oder was gleichbedeutend ist, die an a_1 anliegende Spannung wird auf U_{bao} gesenkt und die Spannung von a_2 soweit erhöht, daß sich der Anodenstrom I_a einstellt. Dieser Vorgang muß annähernd gleichzeitig geschehen, damit die Röhre während des Weiterschaltens nicht erst entionisiert. Im Interesse eines einwandfreien Betriebes sollte die Schaltung wenigstens so ausgelegt werden, daß eine Schaltzeit von 1 ms nicht überschritten wird. Werden mechanische oder elektronische Schalter mit ähnlich niedriger Schaltgeschwindigkeit benutzt, so sollte schaltungsmäßig Sorge für einen schnellen Zünddurchbruch der Entladung getroffen werden.

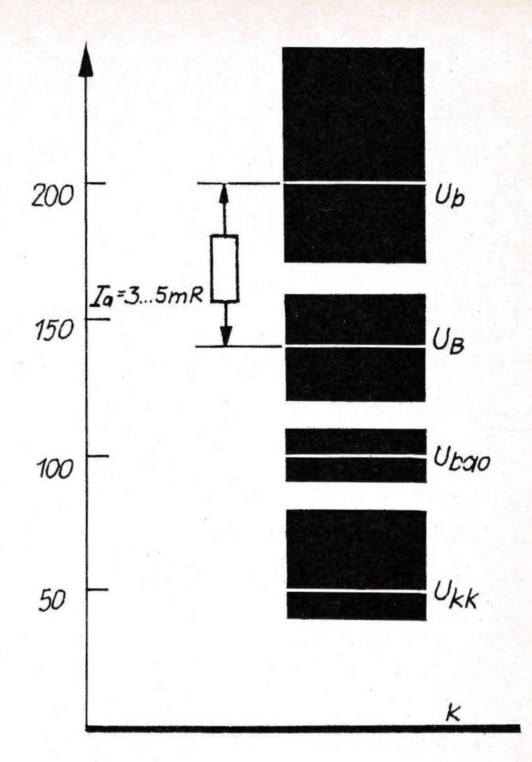


Bild 5

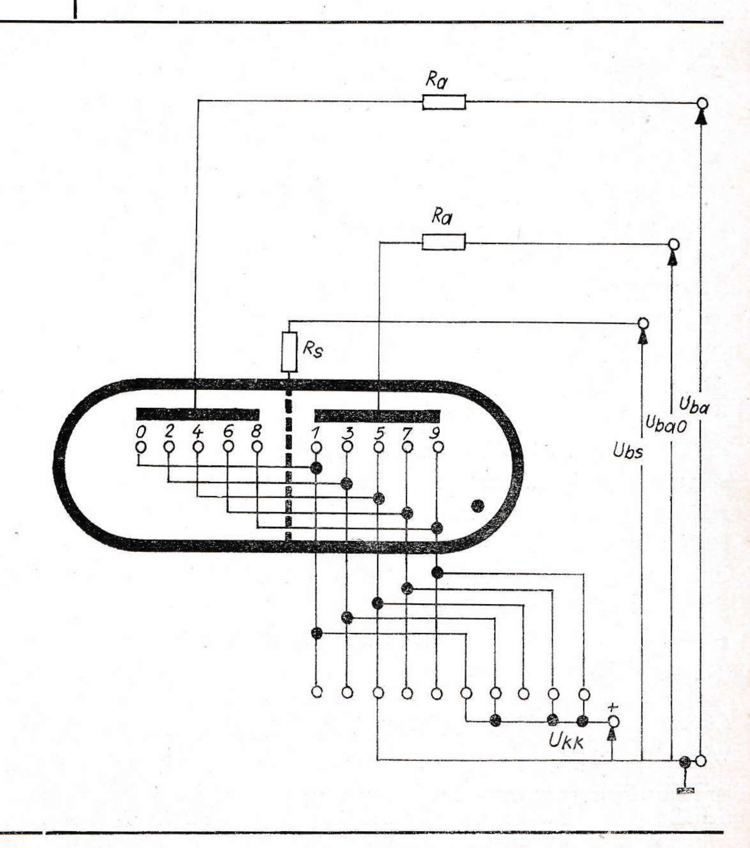


Bild 6

TECHNISCHE DATEN

KENNWERTE

Anodenzündspannung	U_z	150 V
Anodenbrennspannung	U_B	140 V
Anodenstrom	I_a	4 mA

BETRIEBSWERTE

Bereitschaftsspannung	U_b	200	220	250	300 V
Anodenwiderstand	R_a	15	20	27	39 kΩ
Schirmvorspannung	U_{bs}	50	50	50	50 V
Schirmvorwiderstand	R_s	10	10	10	10 kΩ
Katodenvorspannung	U_{kk}	50	50	50	50 V
Anodenspeisespannung	U_{bao}	100	100	100	100 V

GRENZWERTE

Bereitschaftsspannung	$U_{b\ min}$	170 V
Anodenstrom	$I_{a\ min}$	3 mA
	$I_{a\ max}$	5 mA
Katodenvorspannung	$U_{kk\ min}$	40 V
	$U_{kk\ max}$	70 V
Anodenspeisespannung	$U_{bao\ min}$	90 V
	$U_{bao\ max}$	110 V
Umgebungstemperatur	$t_{Ugb\ min}$	−70 °C
	$t_{Ugb\ max}$	+75 °C

Während des Schaltvorganges muß die Abschirmung zur Trennung der Gruppen stets angeschlossen bleiben. Die Abschirmung wirkt elektrisch wie eine Katode, d. h., sie belastet die Anodenströme I_a bzw. I_{ao} (Bild 7). Geht die Schirmspannung gegen Null, wird die Abschirmung zur Katode und beginnt zu glimmen, bei $U_s \rightarrow U_B$ wird der Strom $-I_s$ immer geringer. Bei etwa $U_s = 120$ V wird der Schirmstrom I_s positiv, d. h., die Abschirmung wird zur Anode und der Betrieb der Röhre ebenfalls stark beeinträchtigt. Im Diagramm $-I_s = f(U_s)$ sind die Streubereichgrenzen eingezeichnet, zwischen denen die Kennlinien der einzelnen Katoden liegen. Im allgemeinen liegen diese enger beieinander. Selbstverständlich werden vom Streubereich auch die Exemplarstreuungen erfaßt. Außerdem ist gestrichelt der Arbeitsbereich angegeben; dieser besagt, daß die obere Grenze von 80-V-Schirmvorspannung bei einem Schirmstrom von 700 μA nicht überschritten werden darf. Außerhalb dieses Bereiches kann die Abschirmung die geraden von den ungeraden Paarteilen nicht mehr sauber trennen. Die Abschirmung wird über einen Widerstand angeschlossen, z. B. 200 kΩ. Das Potential der Abschirmung wird unter diesen Bedingungen zwischen 29 und 80 V schwanken und $-I_s$ von 145 ... 400 μA bei Durchschaltung der Ziffern 0 bis 9. Bei der zweiten Widerstandsgeraden mit $R_s = 10$ kΩ und $U_s = 50$ V verringern sich diese Potentialänderungen auf 51 bis 57 V, $-I_s$ steigt dagegen auf 68 bis 645 μA.

Außer diesen beiden Beispielen sind noch viele andere Widerstands-Spannungskombinationen möglich, die sich aus den praktischen Bedingungen der zu entwerfenden Schaltung ergeben, sofern der Arbeitsbereich nicht überschritten wird. Eine ähnliche Belastung für die Anodenströme stellt der Strom I_{kk} zu den nicht in Betrieb befindlichen Katoden dar. Bild 8 zeigt den Strom I_{kk} in Abhängigkeit von der positiven Vorspannung U_{kk}. Wie aus dem gezeigten Streubereich hervorgeht, wird der Strom I_{kk} erst Null, wenn die positive Vorspannung U_{kk} in den Bereich der Brennspannung U_B kommt. Eine so hohe Vorspannung würde aber zu Schaltschwierigkeiten führen. Mit niedriger Vorspannung steigt I_{kk} stark an, um schließlich soviel Strom aufzunehmen, daß durch Mitleuchten die Ablesbarkeit der eingeschalteten Katode äußerst stark beeinträchtigt wird. Für den praktischen Betrieb lassen die Grenzwerte der Röhre daher den Bereich zwischen $U_{kk} =$ 40 bis 70 V zu. Schaltungsmäßig sollte der Maximalwert von I_{kk} zu irgendeinem der Ziffernpaare aus gleichen Gründen auf maximal die Hälfte des gesamten I_{kk} begrenzt werden.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß R_a' mindestens gleich R_a gemacht werden sollte. Bei größerem $R_a' = 10 \cdot R_a$ lassen sich auch geringfügige Verkleinerungen des Schirmstromes erzielen, je nach Größe von R_a.

Ausgeführte Schaltungen in Verbindung mit der biquinären Ziffernanzeigeröhre Z 870 M und deren Wirkungsweise werden im folgenden Beitrag beschrieben.

LITERATUR

Haas, G.: Grundlagen und Bauelemente el. Ziffernrechenmasch. Valvo Berichte 4 (1958), H. 2

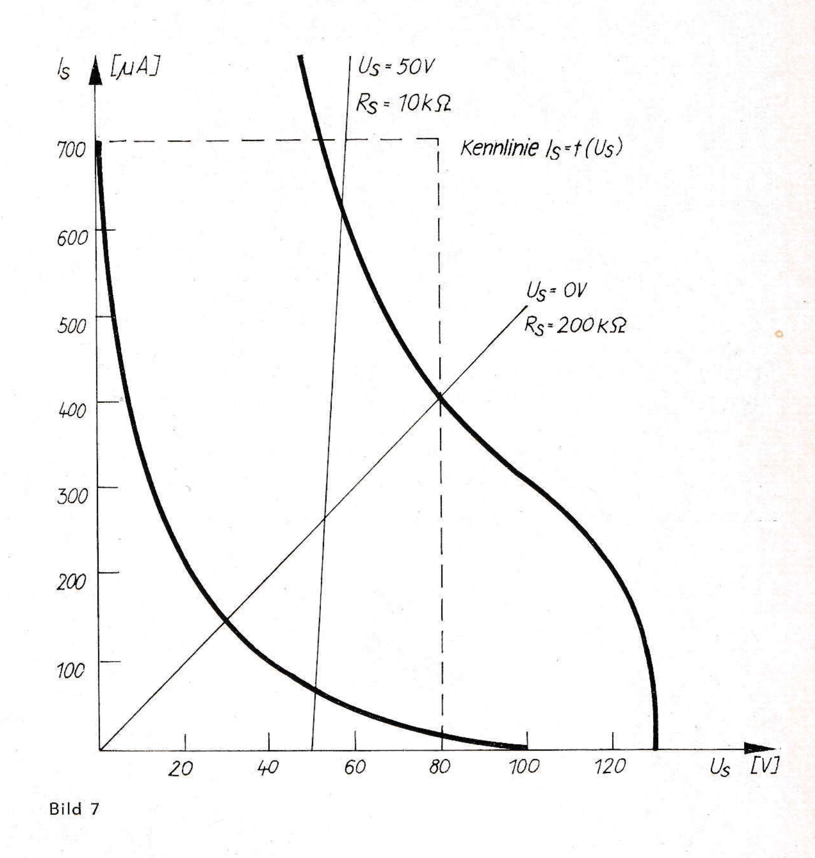

I_S [µA]
700
600
500
400
300
200
100
U_S = 50V
R_S = 10kΩ
Kennlinie $I_S = f(U_S)$
U_S = 0V
R_S = 200kΩ
20
40
60
80
100
120
U_S [V]

Bild 7

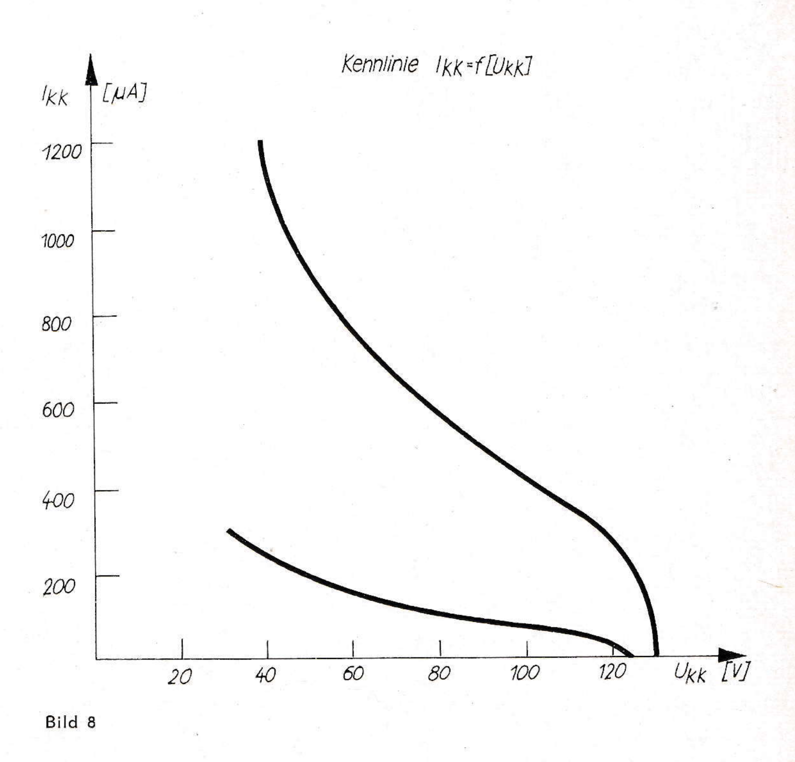

I_{KK} [µA]
Kennlinie $I_{KK} = f[U_{KK}]$
1200
1000
800
600
400
200
20
40
60
80
100
120
U_{KK} [V]

Bild 8

ANZEIGESPEICHER UND ANZEIGEVERSTÄRKER MIT DER Z 870 M FÜR BIQUINÄRE ZÄHL-DEKADEN

Dipl.-Ing. P. Engler

Mitteilung aus dem Institut für Maschinenelemente der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt

WIRKUNGSWEISE BIQUINÄRER ZÄHLDEKADEN

Die Aussage der biquinären Verschlüsselung erfolgt über fünf Zahlenpaare aufeinanderfolgender Zahlen und unterscheidet zwischen geradem und ungeradem Wert der Zahlen. Diese Aussagen werden in Form von Spannungen gemacht. Je nach Polarität der Aussage gibt es zwei Möglichkeiten der Schaltungsauslegung.

Das Prinzip einer Zähldekade, die nach der Verschlüsselung von Tabelle 1 arbeitet, ist im Bild 1 dargestellt. Der Binärteiler besteht aus einem bistabilen Multivibrator, der Quinärteiler aus einer Kippschaltung mit fünf stabilen Zuständen. Der Quinärteiler ist statisch so dimensioniert, daß nur einer der fünf Transistoren leitend sein kann. Wird angenommen, daß augenblicklich die Transistoren T_1 und T_3 leitend sind, so gelangt der erste positive Eingangsimpuls über C_1 und das aus D_1 und R_3 gebildete Tor an die Basis von T_1. Dieser sperrt und öffnet über den Spannungsteiler R_7, R_8 den Transistor T_2. Der dabei am Kollektor von T_1 auftretende negative Impuls bleibt ohne Einfluß auf den Quinärteiler. Der nächste positive Eingangsimpuls sperrt T_2. Über R_1, R_2 wird T_1 geöffnet. Der dabei am Kollektor von T_1 auftretende positive Impuls gelangt über C_6 und das Tor D_3, R_{15} an die Basis von T_3 und sperrt diesen. Über R_{16}, C_7, R_{20} gelangt der dabei am Kollektor von T_3 auftretende negative Impuls an die Basis von T_4 und versetzt T_4 in den leitenden Zustand. Aussagen über den Zählstand können als Spannungen an den Ausgängen A–G entnommen werden (2).

Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild einer Zähldekade, die nach der Verschlüsselung von Tabelle 2 arbeitet.

Hierbei ist im Quinärteiler nur ein Transistor gesperrt, alle anderen sind leitend. Die Wirkungsweise entspricht der der bereits beschriebenen Dekade, nur daß der Quinärteiler mit negativen Impulsen gesteuert wird. Die Tore lassen den negativen Impuls nur an die Basis des gesperrten Transistors gelangen. Dieser wird geöffnet und sperrt über das RC-Glied den folgenden Transistor. Der bistabile Multivibrator arbeitet wie im Bild 1 (3).

Die nachfolgend beschriebenen Anzeigespeicher und Anzeigeverstärker sind für den Betrieb an einer Zähldekade nach Bild 1 ausgelegt. Von der Zähldekade werden Spannungssignale von –40 V gefordert.

Bild 1

Bild 2

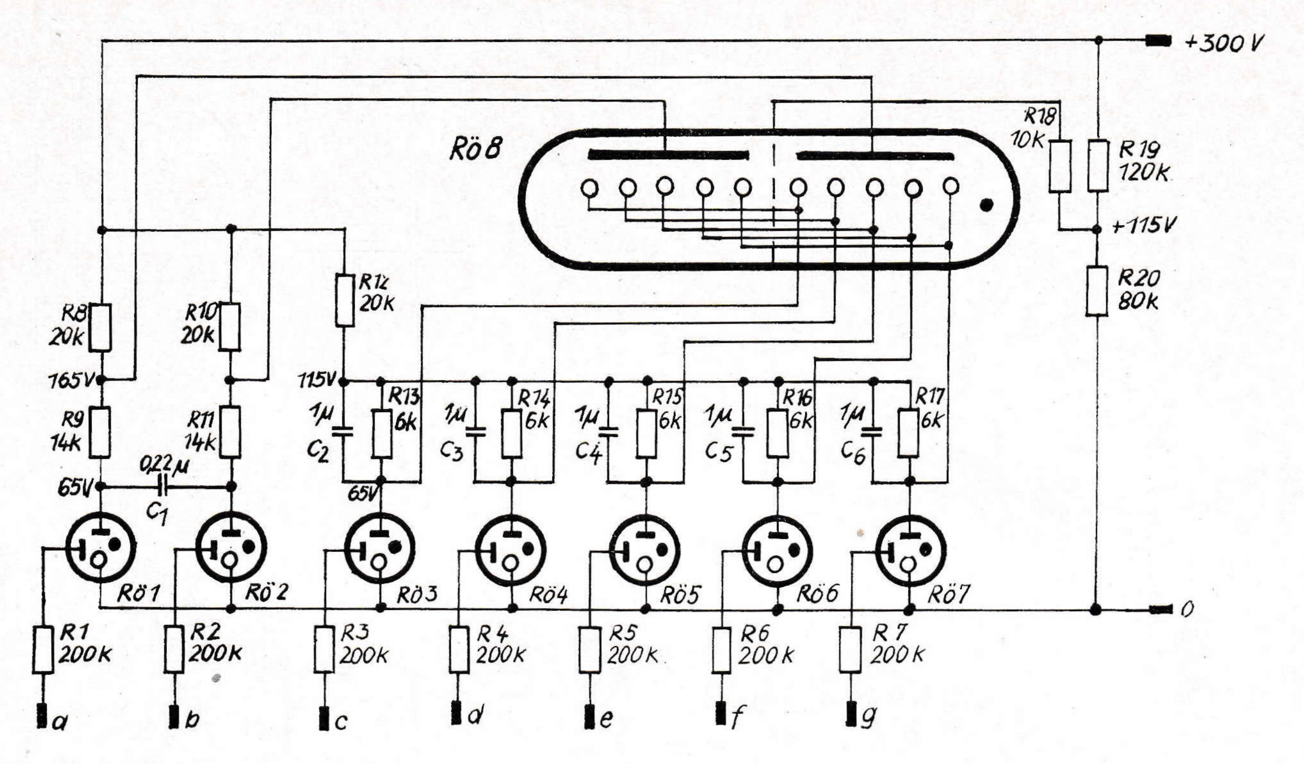


Bild 3

ANZEIGESPEICHER MIT DER RELAISRÖHRE Z 5823

Die Schaltung des Anzeigespeichers ist im Bild 3 angegeben. Die Eingänge a bis g werden mit den Ausgängen A bis G der Zähldekade verbunden. Während der Speicherung des Zählergebnisses liegt der mit 0 bezeichnete Anschluß des Anzeigespeichers auf einem Potential von – 40 V. Zur Übernahme des Zählergebnisses wird das Potential kurzzeitig auf – 106 V abgesenkt. Damit beträgt die Starterspannung der Röhren, die an leitenden Transistoren liegen, + 105 V. Diese Spannung genügt, um die Röhre Z 5823 zu zünden. Für die Umschaltung der Katodenpaare von $Rö_8$ werden fünf Röhren Z 5823 verwendet, die so geschaltet sind, daß immer nur eine Röhre gezündet sein kann.

Wird angenommen, daß $Rö_3$ gezündet ist, liegt an ihrer Anode die Brennspannung von 65 V. Diese Spannung steht damit auch an den Katoden 0 und 1 von $Rö_8$, von denen eine je nach Schaltung der Anoden glimmt. Alle anderen Katodenpaare haben gegenüber der glimmenden Katode eine Vorspannung von + 50 V. Erfolgt nun bei der Übernahme eines neuen Zählergebnisses das Zünden von $Rö_5$, so steigt der Spannungsabfall am gemeinsamen Vorwiderstand R_{12} an. Die Anodenspannung von $Rö_3$ sinkt unter die Brennspannung, und $Rö_3$ löscht, da sich C_2 nur langsam über R_{13} entladen kann. Die Umschaltung der Anoden geschieht mit zwei Röhren Z 5823, von denen ebenfalls nur eine gezündet sein kann. Die nicht an der Entladung beteiligte Anode von $Rö_8$ liegt am Spannungsteiler R_8, R_9 und ist gegenüber der glimmenden Katode mit + 100 V vorgespannt, wenn $Rö_1$ gezündet ist. Die stromführende Anode von $Rö_8$ liegt über R_{10} an der Betriebsspannung von + 300 V, da durch $Rö_2$ kein Strom fließt. C_1 lädt sich auf 120 V auf. Wird $Rö_2$ bei der Übernahme eines neuen Zählergebnisses gezündet, senkt C_1 die Spannung an der Anode von $Rö_1$ kurzzeitig unter die Brennspannung, und $Rö_1$ löscht. Der Schirm von $Rö_8$ ist über den Widerstand R_{18} an den Spannungsteiler R_{19}, R_{20} gelegt, der ihn um + 50 V gegenüber der glimmenden Katode vorspannt.

ANZEIGESPEICHER MIT DER RELAISRÖHRE Z 660 W

Im Bild 4 ist das Schaltbild des Anzeigespeichers angegeben. Die Wirkungsweise entspricht der der bereits beschriebenen Schaltung. Die höhere Brennspannung der Z 660 W erfordert eine Erhöhung der Betriebsspannung. Die beiden Starterelektroden werden parallelgeschaltet und die Hilfsentladungsstrecke über 10 MΩ an die Betriebsspannung angeschlossen. Zur Übernahme des Zählergebnisses wird das Potential des mit 0 bezeichneten Anschlusses kurzzeitig von – 40 V auf – 140 V gesenkt. Wegen ihrer geringen Abmessungen und der Möglichkeit, die Röhre mit ihren Anschlußdrähten direkt in die Schaltung einzulöten, eignet sich die Röhre Z 660 W gut für gedruckte Schaltungen.

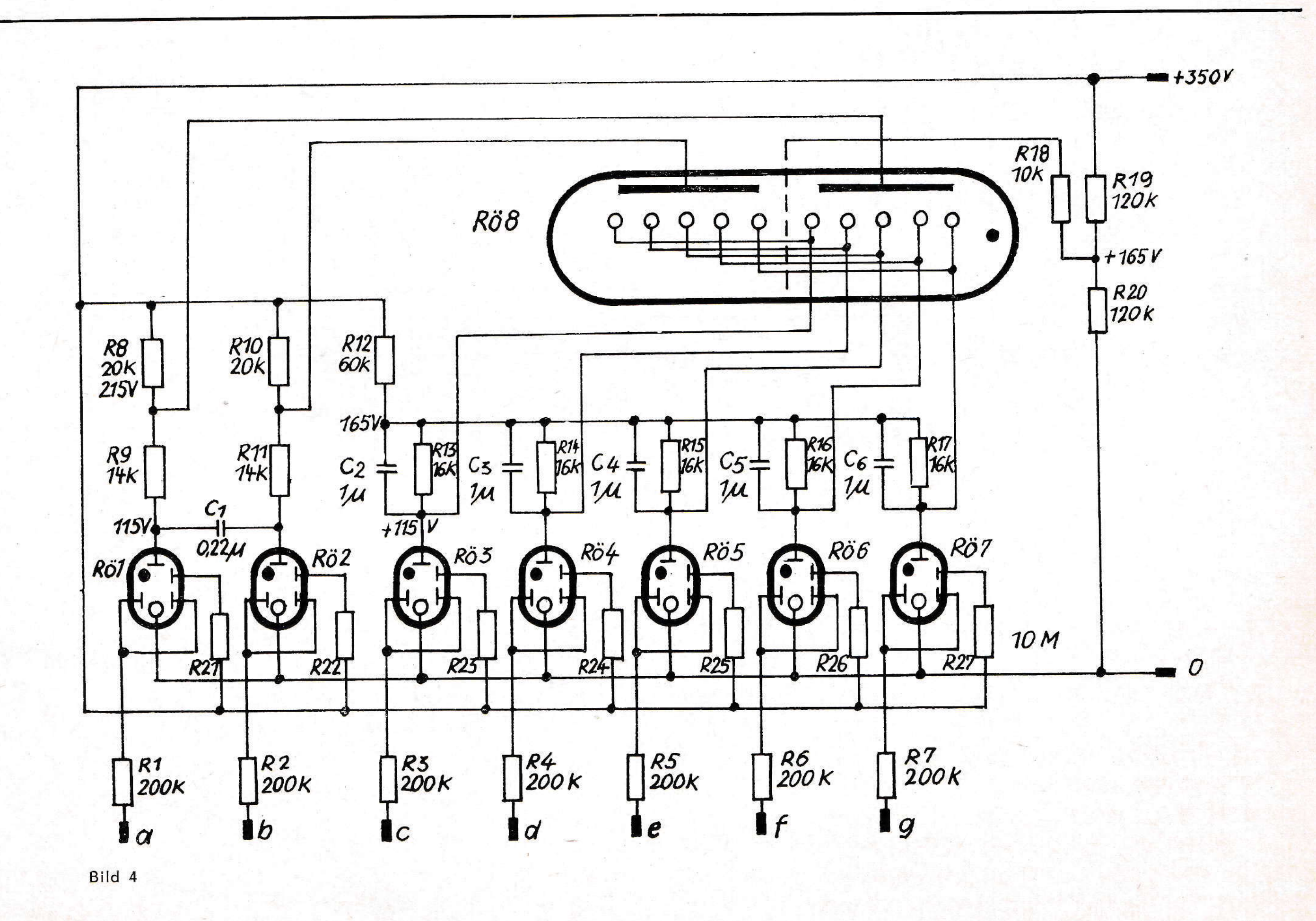

+350V
R18
10K
R19
120K
+165V
R20
120K
Rö8
R8
20K
215V
R10
20K
R12
60K
R9
14K
R11
14K
165V
C2
1μ
R13
16K
C3
1μ
R14
16K
C4
1μ
R15
16K
C5
1μ
R16
16K
C6
1μ
R17
16K
115V
C1
0,22μ
+115 V
Rö1
Rö2
Rö3
Rö4
Rö5
Rö6
Rö7
R21
R22
R23
R24
R25
R26
R27
10 M
0
R1
200K
R2
200K
R3
200K
R4
200 K
R5
200K
R6
200 K
R7
200 K
a
b
c
d
e
f
g

Bild 4

ANZEIGEVERSTÄRKER

Das Schaltbild des Anzeigeverstärkers zeigt Bild 5. Er ist mit sieben Transistoren GC 123 bestückt. Die Umschaltung der Katodenpaare erfolgt nach dem von der dekadischen Ziffernanzeigeröhre Z 560 M bekannten Prinzip (5). Die Transistoren, die an nichtglimmenden Katoden liegen, sind leitend. Die glimmende Katode liegt über dem Arbeitswiderstand R_{13} des gesperrten Transistors T_3 an der Betriebsspannung von – 80 V. Der Anschluß 0 des Anzeigeverstärkers liegt am Anschluß 0 der Zähldekade nach Bild 1. Das Umschalten der Anoden erfolgt mit dem aus T_1 und T_2 bestehenden bistabilen Multivibrator. Die Anoden von $Rö_1$ sind mit den Widerständen R_{27} und R_{28} an die Kollektoren von T_1 und T_2 gelegt. Die Anode am jeweils leitenden Transistor übernimmt die Entladung. Die Basis jedes Transistors ist über einen 200-kΩ-Widerstand an die Ausgänge A und B der Zähldekade angeschlossen. Über diesen Eingang kann der jeweilige Transistor nur in den leitenden Zustand gebracht werden, das Zurückschalten erfolgt durch die bistabile Wirkung der Schaltung vom anderen Eingang aus (4).

LITERATUR

(1) Häußler, E.: Z 870 – eine biquinäre Ziffernanzeigeröhre. radio und fernsehen 15 (1966), H. 4, S. 108

(2) Schurig, E.: Neue Zähldekaden für digitale Meßgeräte nach dem biquinären Prinzip. Elektronik 11 (1962), H. 5, S. 135–138

(3) Veith, P.: Grundlagen und Anwendung der Widerstands-Transistor-Schaltlogik. Elektronik 12 (1963), H. 1, S. 3 bis 8

(4) Biquinär-Anzeiger spart Transistoren. Elektronik 12 (1963), H. 12, S. 380

(5) Will, G.: Anzeigeverfahren bei Transistor-Zählschaltungen. Nachrichtentechnik 11 (1961), H. 4, S. 180–185

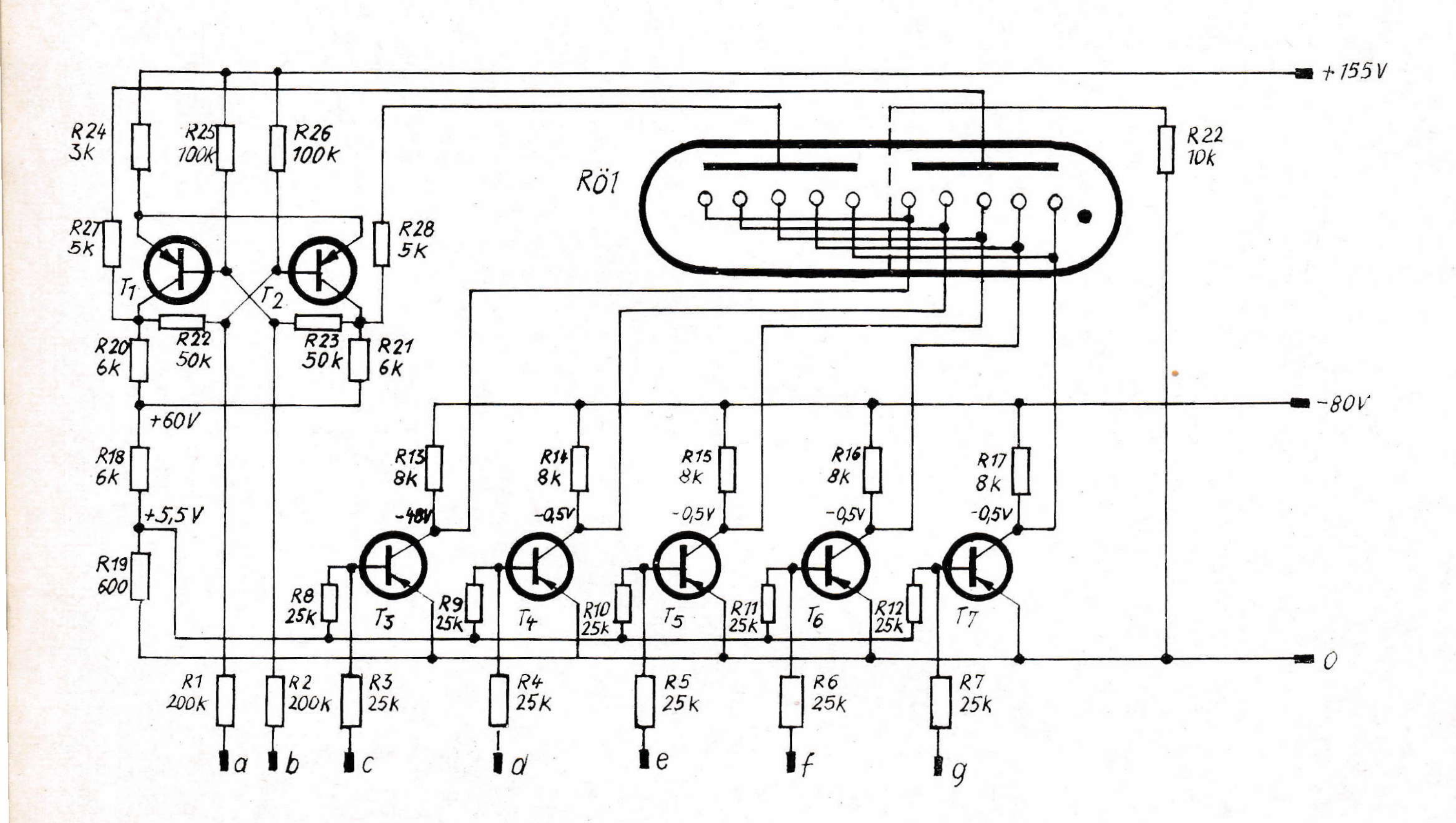


Bild 5

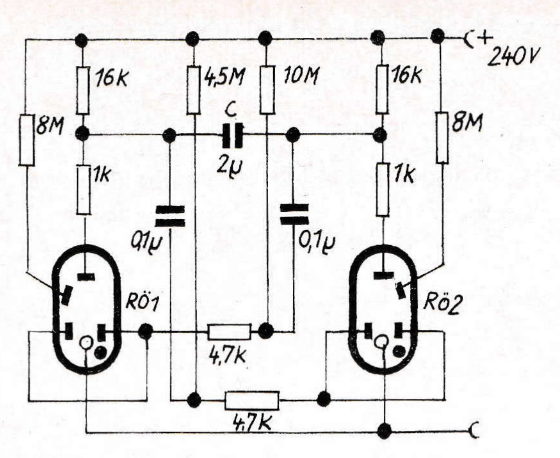


Bild 1: Multivibratorschaltung mit Z 660 W

BLINKRUFANLAGE MIT ANZEIGERÖHREN

Ing. P. Schuh

Ein interessantes Einsatzgebiet für Kaltkatodenröhren ergibt sich in Rufanlagen, die z. B. in Institutionen mit starkem Personenverkehr, wie Banken, Ministerien, Flughäfen und Polikliniken, eingesetzt werden können. Die digitale Anzeige von Ziffern, Buchstaben oder Symbolen erfolgt durch entsprechende Anzeigeröhren (in unserem Falle Z 560 M, Z 561 M), die durch eine Multivibratorschaltung rhythmisch aufleuchten. Es ist nachgewiesen, daß blinkende Lichtsignale in größerem Maße zur Aufmerksamkeit zwingen und daher eher beachtet werden.

Im folgenden wird der Aufbau von zwei Multivibratorschaltungen mit der Z 660 W und der Z 860 X beschrieben. Ferner wird die Anwendungsmöglichkeit der neuen Kaltkatodenröhre Z 863 X untersucht.

WIRKUNGSWEISE DER MULTIVIBRATORSCHALTUNG

In der Multivibratorschaltung mit der Z 660 W (Bild 1) zündet nach Anlegen der Speisespannung die Röhre 2 durch den kleineren Vorwiderstand von 4,5 MΩ im Starterkreis bevorzugt.

An der Anode dieser Röhre stellt sich die Brennspannung U_B ein. Der dadurch bewirkte Potentialunterschied an den Belegen des Kondensators C führt zunächst zu einem großen Ladestrom, wodurch die Spannung an der Anode der $Rö_1$ weit unter der Zünd- und Brennspannung liegt. Somit ist es unmöglich, daß beide Röhren gleichzeitig zünden. Nach Beendigung des Ladevorgangs ist auch die Anodenspannung von $Rö_1$ wiederum angestiegen, so daß die Zündbedingungen für diese Röhre gegeben sind. Durch plötzliches Absinken der Anodenspannung muß der Kondensator umgeladen werden. Seine vom vorhergehenden Schaltvorgang eingenommene Polarität und sein Potential führen zu einer kurzzeitigen Erniedrigung der Anodenspannung von $Rö_2$ unter die Brennspannung, so daß diese verlöschen muß. Darüber hinaus wird im Zündmoment einer Röhre durch Umladung der 0,1-µF-Kondensatoren ein negativer Impuls dem Starter der anderen Röhre zugesetzt, um gleichzeitiges Zünden der Röhren zu verhindern (Bild 1).

DIE SPANNUNGSVERLÄUFE AM STARTER UND AN DER ANODE

Die Spannungsverläufe an den Elektroden beider Röhren sind in den Bildern 2a bis 2d wiedergegeben. Die überlagerten Umladungsimpulse treten an den Anoden der beiden Röhren um etwa 450 ms verzögert auf. Die Schaltung eignet sich deshalb gut zur Ansteuerung der Kaltkatoden-Relaisröhre Z 863 X.

ANSTEUERUNG DER Z 863 X MIT ZEITLICH VERZÖGERTEN NEGATIVEN IMPULSEN

Diese neuentwickelte Kaltkatoden-Relaisröhre ist für den Betrieb im II. Quadraten, also mit negativer Starterzündspannung, ausgelegt. Da in der Multivibratorschaltung die Röhre 2 durch den kleineren Startervorwiderstand bevorzugt zündet, tritt der negative Umladungsimpuls zuerst an der Anode der $Rö_1$ auf. Dieser Impuls wird über einen Koppelkondensator auf die Starterelektrode der Z 863 X geführt und bewirkt deren Zündung. Der an der Anode der $Rö_2$ auftretende verzögerte negative Impuls gelangt über eine hochsperrende Diode an die Anode der Z 863 X und führt zur Löschung derselben. Die Diode verhindert, daß der unmittelbar hinter dem nadelförmigen negativen Umladungsimpuls folgende positive Spannungssprung ebenfalls an die Anode gelangt und so ein erneutes Zünden bewirkt (Bilder 2b und 2d). Die Schaltung dieser Ansteuerungsart gibt Bild 3 wieder.

Eine andere Art der Ansteuerung stellt Bild 4 dar. Hier wird die Z 863 X in einer selbstkippenden Stufe betrieben, indem nur dem Starter die negativen Spannungsimpulse überlagert werden. In die Katodenleitung läßt sich ein Relais einfügen, mit dem weitere Signale, z. B. Wecker, Lichtzeichen, Leuchttableaus, rhythmisch ausgelöst werden können.

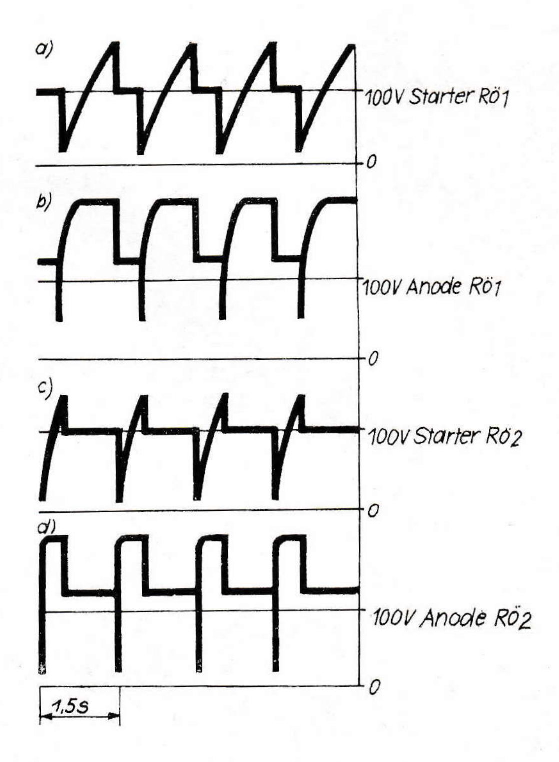


Bild 2

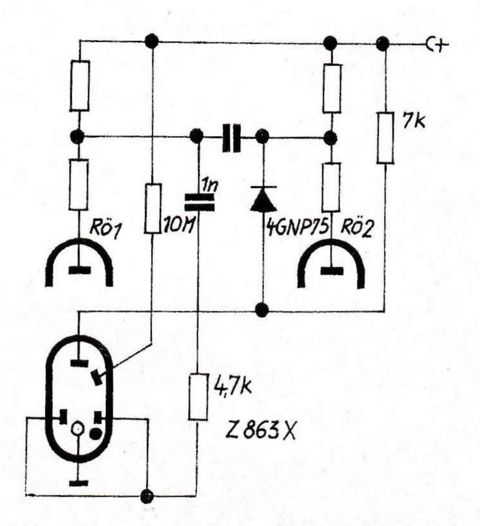


Bild 3

ANSTEUERUNG DER ZIFFERNANZEIGERÖHRE Z 560 M

Eine weitere interessante Anwendungsmöglichkeit der unter Bild 1 gezeigten Schaltung ist die Steuerung einer oder mehrerer parallel geschalteter Ziffernanzeigeröhren. Die Anschaltung der Anzeigeröhren erfolgt nach Bild 5. Die Höchstzahl der anzusteuernden Röhren wird durch den maximal zulässigen Anodenstrom der Relaisröhren und damit durch die Größe von R_1 bestimmt.

Um die Multivibratorschaltung möglichst stark belasten zu können, wird der Anodenwiderstand der Röhre so bemessen, daß im gezündeten Zustand der maximal zulässige Anodenstrom erreicht wird. Er beträgt bei der Z 660 W 8 mA. Damit ergibt sich ein minimaler Anodenwiderstand von

$$R_{a\,min} = \frac{U_b - U_B}{I_{a\,max}} = \frac{250 - 115}{8} = 16{,}9\ k\Omega$$

Die Anodenteilwiderstände R_2, die zum Ausgleichen von Kennwertstreuungen dienen, werden mit 1 kΩ, die Anodenwiderstände mit 16 kΩ festgelegt. Beim Verlöschen von $Rö_1$ erreicht die Spannung am Punkt A (Bild 5) den Wert der Betriebsspannung U_b. Die anzusteuernde Ziffernanzeigeröhre kann zünden. Beim Zünden von $Rö_1$ sinkt die Spannung am Punkt A auf

$$U_A = U_{B\ Z\ 660\ W} + I_{a\,max} \cdot R_2$$
$$= 115 + 8 \cdot 10^{-3}\, 10^3 = 123\ V$$

ab. Mit diesem Wert für U_A ist ein sicheres Löschen der Z 560 M nicht gewährleistet, da die Brennspannung mit 125 V zu dicht bei dem Wert von U_A liegt.

Die Katode der Z 560 M wird aus diesem Grunde auf etwa 30 V über einen Spannungsteiler vorgespannt (Bild 5).

DER SPANNUNGSTEILER R_4/R_5

Wird der Spannungsteilerwiderstand R_4 mit 20 kΩ festgelegt, dann errechnet sich der Widerstand R_5 zu

$$R_5 = \frac{U_5}{I_q + I_1} \qquad (1)$$

Für I_q läßt sich auch schreiben

$$I_q = \frac{U_b}{R_5 + R_4} \qquad (2)$$

Damit wird

$$R_5 = \frac{U_5}{\frac{U_b}{R_5 + R_4} + I_1} = \frac{U_5\,(R_4 + R_5)}{U_b + I_1\,(R_4 + R_5)} \qquad (3)$$

Mit den Werten $U_5 = 30$ V; $R_4 = 20$ kΩ; $I_1 = 2$ mA und $U_b = 250$ V ergibt sich für R_5 aus (3)

$$R_5^2 I_1 + R_5\,(R_4 I_1 + U_b - U_5) - U_5 R_4 = 0$$
$$R_5 = 2{,}3\ k\Omega$$

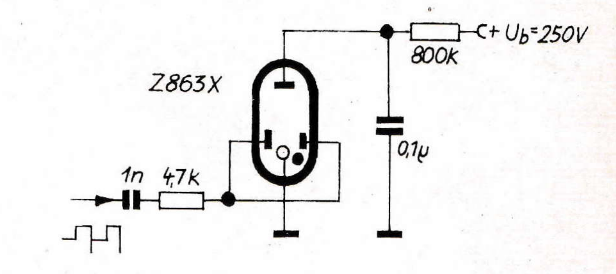


Bild 4

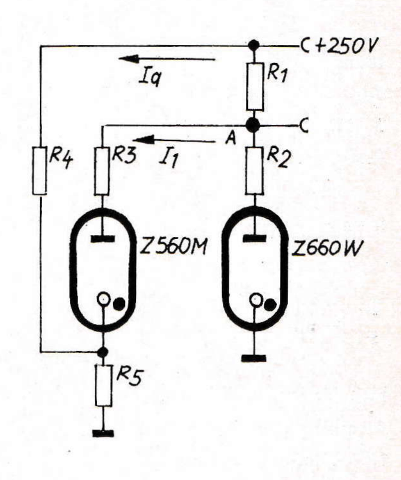


Bild 5

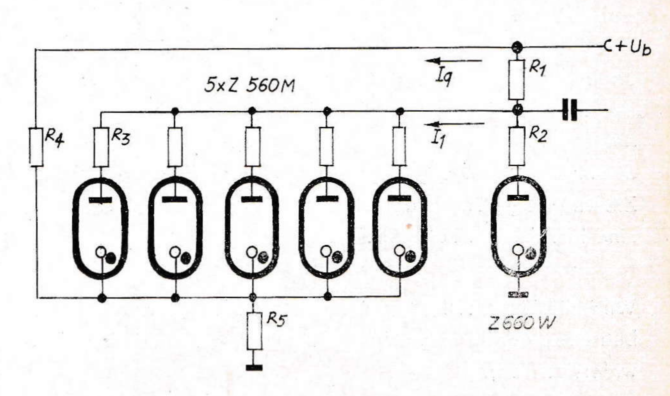


Bild 6

DER ANODENWIDERSTAND R_3 DER ZIFFERNANZEIGERÖHRE

Im gelöschten Zustand der $Rö_1$ in der Multivibratorschaltung wirken die Widerstände R_1 und R_3 als Anodenwiderstand der Z 560 M

$$R_1 + R_3 = \frac{U_b - U_B - U_5}{I_1} = \frac{250 - 135 - 30}{2}$$

$$R_1 + R_3 = 42{,}5\ k\Omega$$
$$R_1 = 16\ k\Omega$$
$$R_3 = 26{,}5\ k\Omega$$

Die Schaltung ist in der Lage, maximal fünf parallel geschaltete Ziffernanzeigeröhren anzusteuern (Bild 6).

Es ergibt sich bei fünf Röhren Z 560 M ein Spannungsteilerwiderstand R_5 von 1,4 kΩ

Die Anodenwiderstände R_3 in den einzelnen Zweigen mußten bei einem Katodenstrom der einzelnen Röhren von 2 mA entfallen (rechnerisch ergibt sich bereits ein negativer Wert)

$$U_b = I_1R_1 + U_5 + U_B + \frac{I_1}{n} R_3$$

n = Anzahl der anzusteuernden Ziffernanzeigeröhren

$$R_3 = \frac{(U_b - I_1R_1 - U_5 - U_B)\ n}{I_1} \tag{4}$$

$$R_3 = \frac{(250 - 10 \cdot 16 - 30 - 135)\ 5}{10} = -37{,}5\ k\Omega$$

Werden in den einzelnen Anodenzweigen zum Ausgleich der Brennspannungsdifferenzen Anodenwiderstände von 1 kΩ verwendet, dann verringert sich zwangsläufig der Anodenstrom

$$I_1 = \frac{U_b - U_5 - U_B}{R_1 + \frac{R_3}{5}} = \frac{250 - 30 - 135}{16 + 0{,}2} = 5{,}2\ mA$$

$$\frac{I_1}{5} = 1{,}05\ mA$$

Bei fünf parallel geschalteten Z 560 M ergibt sich mit Anodenwiderständen R_3 von 1 kΩ ein Röhrenstrom von 1,05 mA. Dieser Wert liegt bereits am unteren zulässigen Grenzwert von 1 mA. Es ist deshalb zweckmäßig, bei mehr als vier anzusteuernden Ziffernanzeigeröhren die Multivibratorschaltung mit der Kaltkatoden-Relaisröhre Z 860 X aufzubauen. Der Widerstand R_1 einer solchen Schaltung kann durch den wesentlich größeren zulässigen Anodenstrom dieser Röhre verkleinert werden, so daß es möglich ist, in die einzelnen Anodenzweige der anzusteuernden Ziffernanzeigeröhren Widerstände einzufügen, die den Strom auf 2 mA begrenzen. Die Widerstandswerte für die Ziffernanzeigeröhren bei einer Schaltung mit der Z 660 W sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Wird die Z 860 X bei maximalem Katodenstrom von 40 mA betrieben, dann ergibt sich ein dazugehöriger Anodenwiderstand von

$$R_{a\ min} = \frac{U_b - U_B}{I_{a\ max}} = \frac{250 - 110}{40} = 3{,}5\ k\Omega$$

TABELLE 1

Zahl der anzusteuernden Anzeigeröhren n	R_3 kΩ	R_5 kΩ	Röhrenstrom $\frac{I_1}{n}$ in mA
1	26,5	2,3	2
2	10,5	1,9	2
3	1	1,7	1,74
4	1	1,5	1,31
5	1	1,4	1,05

TABELLE 2

Zahl der anzusteuernden Anzeigeröhren n	R_3 kΩ	R_5 kΩ
1	39,5	2,25
2	36,4	1,9
3	33,5	1,67
4	30,5	1,55
5	27,5	1,4
6	24,5	1,25
7	21,5	1,15
8	18,5	1,1
9	15,5	1,03
10	12,5	0,95
11	9,5	0,9
12	6,5	0,8
13	3,5	0,77

Dieser Widerstand wird aufgeteilt in

$$R_1 = 3\ k\Omega \text{ und } R_2 = 500\ \Omega$$

Die für die Ansteuerung von Anzeigeröhren benötigten Widerstände R_3 und R_5 sind in Tabelle 2 aufgeführt. Hierbei sind der Spannungsteilerwiderstand R_1 mit 20 kΩ und der Katodenstrom je Röhre I_k mit 2 mA konstant. Die am R_5 im gezündeten Zustand der Anzeigeröhren abfallende Spannung beträgt wiederum U_5 = 30 V.

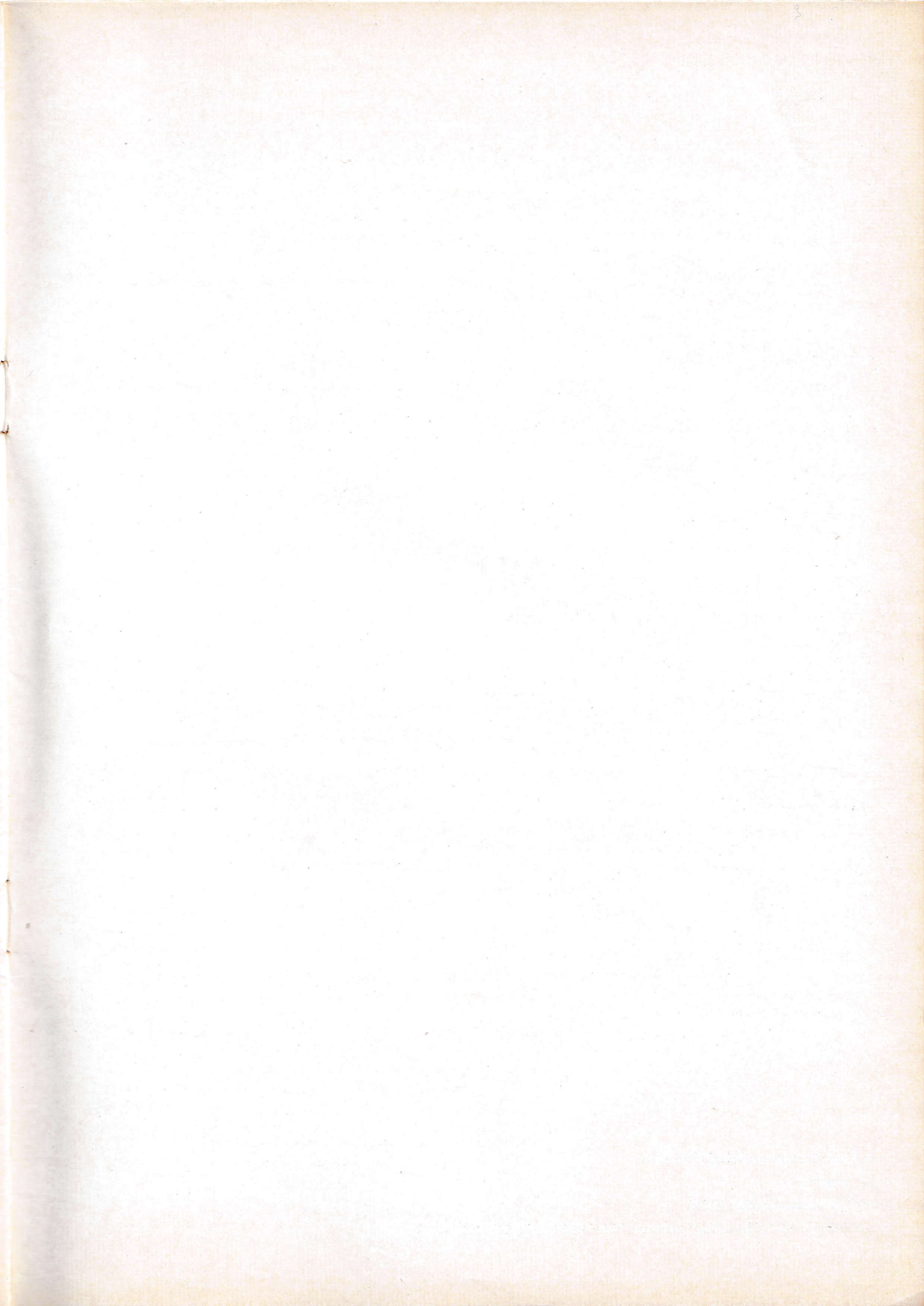
Aus der angeführten Widerstandstabelle ist ersichtlich, daß mit einer Multivibratorschaltung mit der Z 860 X maximal 13 bis 14 Anzeigeröhren angesteuert werden können.

Diese Angaben erfolgen ohne Berücksichtigung der Schutzrechtslage der angegebenen Schaltungen.

LITERATUR

(1) Rumpf: Bauelemente der Elektronik. VEB Verlag Technik, Berlin

(2) Herrenkind, O. P.: Elektro-Anzeiger Essen 2 (1963)



Entwurf und Gestaltung: Baltsch / Parschau

Regie: Schreiber

DEWAG-Werbung Frankfurt (Oder)

Satz und Druck: I-6-1 „Neuer Tag" Frankfurt (Oder) 353-968 Ag 26/299-67 – 239



